

Location-Based Services e Web Mapping: il “Sistema Comune per la Sicurezza” mappe di densità e simulazione di scenario in mare del progetto Interreg Marittimo IT-FR LOSE+

Angela Maria Tomasoni¹[0000-1111-2222-3333] e Francesco Grillo²[1111-2222-3333-4444]

¹ Università degli Studi di Genova – DIBRIS Dipartimento di Informatica, Bioingegneria, Robotica e Ingegneria dei Sistemi, angela.maria.tomasoni@unige.it

² On AIR s.r.l., francesco.grillo@onairweb.com

Abstract. Le fuoriuscite di petrolio e di sostanze pericolose per l’ambiente marino rappresentano una minaccia dannosa per gli ecosistemi, la popolazione costiera e l’economia del mare. Per questo motivo, è importante conoscere le rotte marittime e la traiettoria delle chiazze di materia pericolosa per l’ambiente in caso di fuoriuscita per dare priorità alle azioni di recupero e protezione costiera dal rischio di inquinamento. [1]. Negli ultimi decenni sono stati diversi i metodi e le applicazioni riportati in letteratura per l’analisi del rischio del trasporto marittimo [2]; diversi modelli sono stati sviluppati e applicati. Questi includono i modelli di traiettoria della fuoriuscita di petrolio utilizzati dalla NOAA OR&R Emergency Response Division GNOME [3]. Questi approcci hanno suscitato un crescente interesse sia da parte degli organismi internazionali [4], che da ricercatori per la valutazione del rischio.

Il progetto LOSE+ ha utilizzato questo ambiente di modellazione operativa generale della NOAA, GNOME, per simulare lo storico evento della Haven a trent’anni dal danno ambientale, che ha coinvolto la costa ligure, territorio di interesse per il progetto. Questo è un modello di una traiettoria da fuoriuscita di petrolio [5], il modello si basa su un elemento lagrangiano discreto che consente il comportamento di simulazione della fuoriuscita di petrolio durante il processo di alterazione degli agenti atmosferici che include la diffusione.

La diffusione è simulata come una dispersione aleatoria e designato il volume di petrolio sversato come elementi lagrangiani guidati dal vento e dalle correnti di superficie [5]. Il modello richiede, in generale, un minor numero di parametri e può quindi essere semplice da usare e applicabile a diverse regioni. Il modello è in grado di simulare diversi tipi di fuoriuscite di petrolio a diversi volumi e condizioni, come il rilascio continuo dalla nave. Il modello meteomarinario utilizzato per prevedere il vento, le correnti e altri processi che potrebbero spostare e diffondere la fuoriuscita di petrolio sull’acqua, nonché per studiare le traiettorie petrolifere previste, è stato fornito dal Consorzio SINDBAD [6] che gestisce un portale di previsioni meteo-marine di supporto per gli operatori marittimi, basate su modelli di pubblico dominio [7].

Questo output, registrato come filmato compatibile con GIS e file di testo - è stato associato alla cartografia vettoriale del sistema Weg-GIS LOSE+LAB, e mira a fornire alle Pubbliche Autorità uno strumento intelligente per monitorare e controllare la

circolazione di sostanze pericolose, al fine di migliorare le conoscenze sulla dimensione e sulla classificazione del traffico da merci pericolose, attraverso mappe di densità, che transitano su navi dirette alle coste del Mediterraneo, dando un significativo supporto ai decisori per una consapevole preliminare valutazione e gestione del rischio.

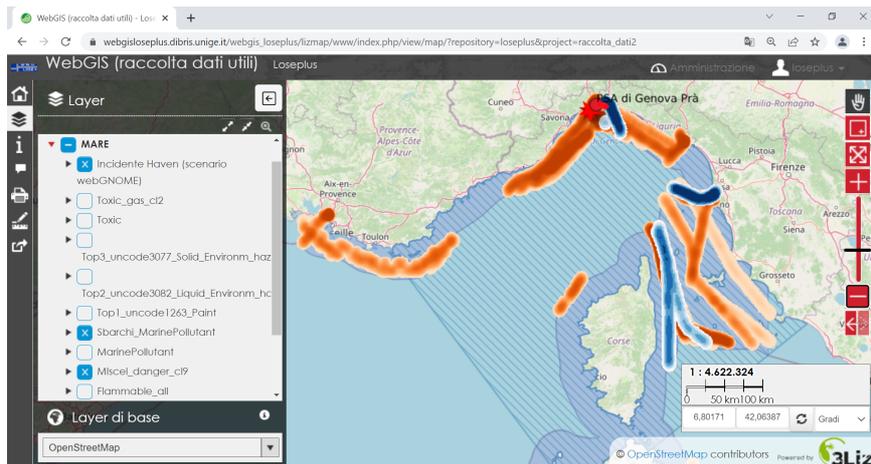


Fig. 1. Mappa di densità di frequenza di rotte entro le 12 miglia marine dirette ai porti di interesse del progetto (Francia meridionale, Corsica, porti Liguri, Sardi e Toscani) per tipologia di merce trasportata prevalente, con georeferenziazione dello scenario Haven (simulazione sinistro 1991).

Riferimenti bibliografici

1. Soussi, A., Bersani, C., Tomasoni, A. M. : Oil Spill Trajectory: A Comparison between 2D and 3D Models. In: Urban and Maritime Transport XXVII, pp.117-128, (2018).
2. Soussi A., Bersani C., Sacile R., Bouchta D., El Amarti A., Seghioeur H., Nachite D., and Al Miys J.:An Oil Spill Trajectory Model: Validation in the Mediterranean Sea. In : *ISSE-5th IEEE International Symposium on Systems Engineering, Proceedings*, (2019). <https://doi.org/10.1109/ISSE>.
3. Soussi A., Bersani C., Sacile ., Bouchta D., El Amarti A., Seghioeur A., Nachite D., Al Miys J.:Coastal Risk Modelling for Oil Spill in the Mediterranean Sea. In: *Advances in Science, Technology and Engineering Systems* 5 (4): pp. 273–86, (2020). <https://doi.org/10.25046/aj050434>.
4. L. E. (Eds. Zelenke, B., C. O'Connor, C. Barker, C.J. Beegle-Krause), “General NOAA Operational Modeling Environment (GNOME), Technical Documentation,” *U.S. Dept. Commer. NOAA Tech. Memo. NOS OR&R 40.*, no. October, p. 105, 2012.
5. NOAA “General NOAA Operational Modelling Environment (GNOME).”
6. Consorzio SINDBAD, www.consorzio-sindbad.com
7. Ottaviani, E. et al. SINDBAD: a new operational service for a safer leisure and boating navigation. In *IMEKO TC-19 International Workshop on Metrology for the Sea*, Genoa (2019).

Un sistema di supporto alla decisione per decisori pubblici: il “Sistema Comune per la Sicurezza” del progetto Interreg Marittimo IT-FR LOSE+

Angela Maria Tomasoni¹[0000-1111-2222-3333] e Roberto Sacile¹[1111-2222-3333-4444]

¹ Università degli Studi di Genova – DIBRIS Dipartimento di Informatica, Bioingegneria, Robotica e Ingegneria dei Sistemi, angela.maria.tomasoni@unige.it,

¹ Università degli Studi di Genova – DIBRIS Dipartimento di Informatica, Bioingegneria, Robotica e Ingegneria dei Sistemi, roberto.sacile@unige.it

Abstract. La città di Genova possiede uno dei porti più importanti del Mar Mediterraneo e le attività logistiche in entrata e in uscita dal porto rappresentano un settore economico rilevante per l'intera regione. Il porto di Genova ha movimentato il 17% del traffico container in Italia per la sua posizione strategica rispetto al mare e all'entroterra: nel periodo ante pandemia dal 2010 al 2018 ha incrementato il proprio throughput di oltre il 5% [1].

La specifica corografia, le caratteristiche geografiche e la rete infrastrutturale di questa specifica area costiera hanno, inoltre, costretto le flotte veicolari a transitare nell'area urbana per raggiungere i principali collegamenti interni verso la Pianura Padana e il Nord Europa. Il trasporto su strada, nella maggior parte dei casi, è l'unico modo possibile per consegnare merci, anche pericolose, agli utenti finali e l'impatto ambientale del trasporto su strada è maggiore rispetto ad altre modalità di trasporto, ad eccezione del trasporto aereo.

La progettazione e lo sviluppo di un sistema di supporto alla decisione - basato su attrezzature ICT per rilevare, in continuo, i veicoli pericolosi in uscita dal porto, sulle strade di un distretto urbano e mappare, in tempo reale, la potenziale area di impatto che potrebbe essere generata dallo specifico prodotto trasportato – merci pericolose - in caso di incidente ed intervento in emergenza - è alla base di questo abstract.

Il sistema LOSE+LAB proposto è stato realizzato nell'ambito del Progetto Europeo “LOSE+”, (Logistica e Sicurezza del trasporto merci) finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale nell'ambito del Programma Marittimo Interreg Italia-Francia 2014-2020.

A differenza del sistema di supporto alla decisione proposto da “Valutazione del rischio di scenari di incidenti in tempo reale nel trasporto di materiale pericoloso su strada” [2], questo sistema si avvale di una interfaccia che acquisisce dati in tempo reale, che vengono resi disponibili direttamente ai decisori pubblici – Comune di Genova - sul supporto cartografico georeferenziato, attendibili non solo su scala spaziale, ma anche temporale, in quanto i dati acquisiti dal sistema di telecamere è certificato dal protocollo dati che regola l'accesso alle informazioni.

I dati osservati raccolti dal sistema di telecamere e laser ottici permettono di gestire una banca dati GIS, che il progetto LOSE+ mette a disposizione dei soggetti pubblici

preposti al controllo dei flussi di traffico, per migliorare la pianificazione territoriale ed urbana in chiave di città intelligente e sostenibile. Secondo la letteratura, gli incidenti che coinvolgono veicoli con merce pericolosa possono essere classificati come eventi LPHC (Low-probability and High Consequence), ovvero eventi di bassa frequenza di accadimento, cioè bassa probabilità che si dia un evento accidentale e alta probabilità che le conseguenze siano serie; infatti quegli eventi imprevisi, la cui statistica di occorrenza è bassa – eventi rari, estremi - possono generare perdite, anche catastrofiche nei casi di scenario peggiore, con serie conseguenze per le persone, l'ambiente, beni, servizi e infrastrutture nell'area circostante all'evento [3].

La rappresentazione cartografica, inoltre, attraverso livelli vettoriali statici, come gli elementi esposti a rischio individuati sul territorio – forniti tramite il geo-portale del Comune di Genova - viene associata ed osservata accoppiando questa informazione vettoriale con la rappresentazione per mappe di pericolosità elaborate sulla base della rappresentazione cartografica del “Metodo Speditivo”, che identifica - attraverso una lunghezza georeferenziata - raggi ed aree di sicuro impatto e raggi e aree di danno, affidabili nei limiti di affidabilità del modello utilizzato e della qualità ed affidabilità dei dati rappresentati [4].

Il sistema LOSE+LAB proposto è una piattaforma web-GIS a servizio delle Pubbliche Autorità come strumento intelligente per monitorare e controllare la circolazione di sostanze pericolose, inclusa quella che ha origine e destinazione nel Porto di Genova a scala di rete stradale urbana dando un significativo supporto ai decisori per una consapevole valutazione e gestione del rischio, che supera e migliora l'approccio impostato da Tomasoni, 2010 [5].

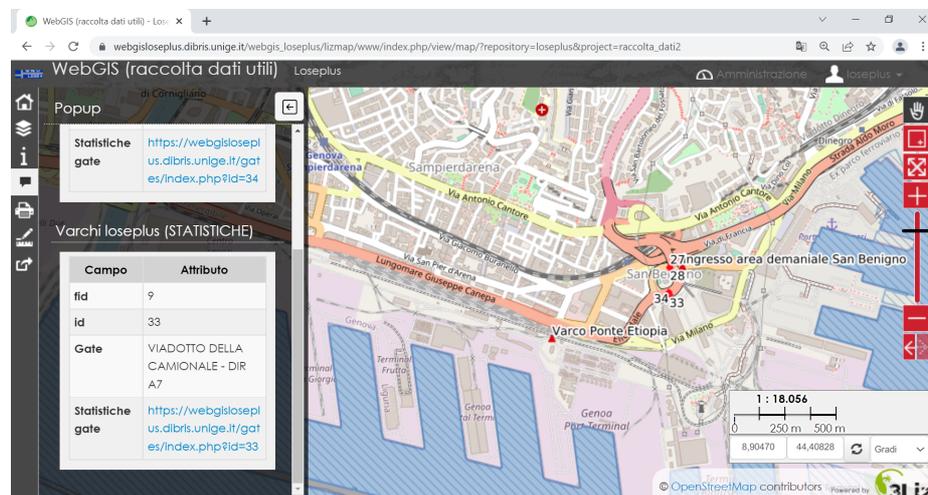


Fig. 1. Cartografia vettoriale del Web-GIS di LOSE+. Particolare della posizione georeferenziata dell'ubicazione telecamere e varchi portuali. Facendo click sul punto telecamera si genera il popup sulla statistica aggiornata in tempo reale.

Riferimenti bibliografici

1. Lupi M., Pratelli A., Seminara L. e Farina A.: Lo sviluppo di rotte per container marittimi d'altura e a corto raggio in partenza dai porti italiani. In: IL NOSTRO MARE - Rivista di scienze marine, 68(2), 83-92, 2021.
2. Tomasoni A. M., Garbolino E., Rovatti M., Sacile R.: Risk evaluation of real- time accident scenarios in the transport of hazardous material on road. In: Management of Environmental Quality. ISSN: 1477-7835. Data di pubblicazione dell'articolo: 10 August 2010.
3. Mohri SS., Mohammadi M., Gendreau M., Pirayesh A., Ghasemaghaei A. e Salehi V.: Hazardous material transportation problems: A comprehensive overview of models and solution approaches. European Journal of Operational Research. In stampa: disponibile online dal 28 Novembre 2021.
4. Metodo Speditivo per la valutazione delle conseguenze dell'incidente. ARPAT - Agenzia regionale per la protezione ambientale della Toscana, 2005. Accesso a <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3472-mlg-35-2006.pdf>.
5. Tomasoni A. M.: Models and methods of risk assessment and control in dangerous goods transportation (DGT) systems, using innovative information and communication technologies. Chemical Sciences. École Nationale Supérieure des Mines de Paris; Università degli studi di Genova - Italie, 2010. English. (NNT : 2010ENMP1703). (pastel-00006223).

Uno strumento topografico a scala territoriale

Il sistema di puntamento delle batterie costiere di
Cavallino-Treporti nella Grande Guerra

Simone Tosato¹[0000-0002-1906-056X], Francesco Guerra²[0000-0002-4614-3846]

¹ s.tosato@stud.iuav.it

² Laboratorio di Fotogrammetria, Università IUAV di Venezia, Santa Croce 191,
30135, Venezia, Italia, guerra2@iuav.it

Abstract. Il lavoro di ricerca analizza e approfondisce il contesto storico e tecnico di una realtà poco conosciuta, ma di sicura importanza, presente nel territorio del Veneto: il sistema delle torri telemetriche e delle batterie costiere nel litorale di Cavallino-Treporti. Partendo da un'analisi storica centrata sullo studio delle difese costiere italiane ed addentrando quindi nella rete del sistema difensivo di Venezia, si è posta l'attenzione sui particolari strumenti topografici dell'epoca, quali goniometri e goniostadiometri ideati dal Maggiore Scipione Braccialini agli inizi del XX sec.

Keywords: Sistema Braccialini, Torri Telemetriche, Goniostadiometri.

1 Introduzione

La comprensione delle caratteristiche ottico-meccaniche e delle funzionalità di questi strumenti topografici è stata indispensabile per il lavoro di ricerca che ha portato alla comprensione del complesso sistema di reti e connessioni tra le torri telemetriche e le batterie presenti lungo la costa del Cavallino. Lo studio degli strumenti di misura, dei sistemi di tiro, la loro disposizione sul territorio e collegamenti realizzati, con il supporto di immagini e documenti d'epoca, ha permesso di ricostruire l'articolato sistema difensivo del litorale che si configura come una "macchina territoriale".

Tale macchina era costituita da un insieme di batterie costiere che avevano lo scopo di proteggere il porto di Venezia. Ogni batteria aveva un sistema di rilevamento della posizione delle navi nemiche costituito da tre torri (una principale e due secondarie) distanti tra loro alcuni chilometri. Le torri con i loro strumenti di misura angolare non solo permettevano di rilevare la posizione delle navi ma anche di comandare, in tempo reale, il sistema di puntamento dei cannoni delle batterie.

Questo avveniva attraverso un "modernissimo", per l'epoca, sistema elettromeccanico. La ragione della necessità di realizzare macchina così complessa alla scala territoriale è dovuta al fatto che i cannoni sparavano ben oltre l'orizzonte visibile dalla quota in cui erano posizionati.

È stato eseguito un rilievo dei manufatti in cui erano collocati gli strumenti del sistema Braccialini, utilizzando gli strumenti e i metodi della moderna topografia terrestre e satellitare. L'insieme dei dati ottenuti dalla campagna di rilievo e dai documenti

storici ha permesso di calcolare la precisione del sistema batteria-torri ovvero sia le precisioni per la parte di puntamento (torri) che di tiro (cannoni nelle batterie).

I procedimenti di calcolo che sono stati adottati per stimare la precisione del sistema di rilevamento si basano sulla teoria della compensazione di reti topografiche terrestri, andando a realizzare diverse simulazioni con il punto bersaglio in mare posto a differenti distanze dalle basi di rilievo. Come caso di studio si è considerata la batteria San Marco e le sue tre torri telemetriche.

In questo caso si è così riusciti a dimostrare che l'incertezza nella determinazione del bersaglio utilizzando i goniostadiometri e i goniometri Braccialini è dello stesso ordine di grandezza della incertezza del tiro dei cannoni (o meglio della dispersione della salva) e quindi che il sistema di rilevamento era ben configurato per dirigere il puntamento dei cannoni in modo efficace.

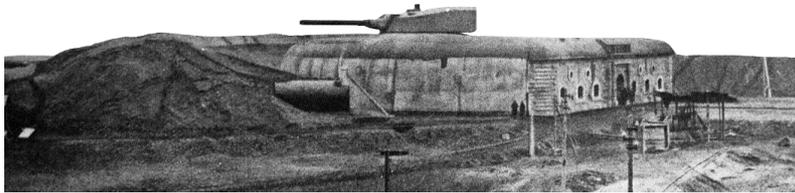


Fig. 1. Foto storica della Batteria Amalfi a Cavallino-Treporti.

2 La struttura difensiva di Cavallino-Treporti

Una tra le unicità che rendono particolare Cavallino-Treporti, è senza dubbio costituita dalla concentrazione di fortificazioni, armonicamente distribuite nell'intero territorio comunale. Anche ad un occhio inesperto, non passano certo inosservate le singolari torri telemetriche che si slanciano dal pianeggiante ambiente lagunare, né le imponenti batterie costiere.

Le vestigia di questo articolato sistema difensivo rimangono a testimoniare una storia bellica che ha attraversato più secoli, cominciata ancora nella metà dell'800, epoca della dominazione asburgica, proseguita nei primi anni del '900 e continuata poi in entrambi i conflitti mondiali. Il litorale del Cavallino quindi rappresenta un libro di storia patria assieme a un manuale dell'evoluzione dell'architettura militare.

Le torri telemetriche furono costruite agli inizi del XX secolo con lo scopo di creare punti di osservazione a servizio delle batterie disseminate lungo la costa e che avevano lo scopo di difendere la laguna di Venezia dalle incursioni navali dell'esercito nemico. Queste costruzioni, realizzate rispecchiando le tipologie dei fabbricati coloniali del luogo per confondere l'osservazione aerea nemica, ospitavano al loro interno una squadra di militari, che dotati di particolari strumenti ottico-meccanici, quali goniostadiometri e goniometri, tenevano sotto controllo il mare al fine di scrutare che le navi della flotta nemica Austro-Ungarica non tentassero un attacco a Venezia, e nel qual caso questo avvenisse, rilevavano la posizione dei bersagli e comunicavano alle batterie di competenza, Amalfi, Pisani, San Marco e Radaelli, le coordinate di tiro per un sicuro bombardamento della nave nemica.

Esse hanno quasi tutte la stessa tecnica costruttiva, i muri sono in mattoni intonacati, il pavimento al piano terra in mattonelle in cemento, i solai sono di putrelle di ferro e gettata in calcestruzzo, le scale e la copertura tutte in cemento armato. Alle torri furono assegnati i nomi della vicina frazione, o il cognome della vicina famiglia, anche se gli abitanti del luogo le hanno sempre definite “semafori” dal nome del telegrafo a bracci mobili, presente all’interno di esse che serviva per le segnalazioni.

Tale sistema di difesa, inizialmente costruito per la difesa dagli attacchi dal mare, sebbene non sia servito per lo scopo per cui è stato realizzato, riveste una grande importanza militare, poiché rappresentarono l’ultimo baluardo difensivo di Venezia dopo lo sfondamento austro-ungarico a Caporetto nell’autunno del 1917, quando furono ruotati i cannoni delle quattro Batterie verso l’entroterra, scatenando un fuoco d’inferno contro le postazioni nemiche, favorendo così il riposizionamento dell’esercito Italiano lungo il corso del Piave. Oggigiorno, avendo perduto ogni interesse militare, versano in condizioni estremamente precarie e di abbandono, ad eccezione di alcune opere date in concessione a privati, aziende agricole, turistiche e commerciali, che utilizzano certi immobili per varie finalità, svolgendo anche una minima manutenzione conservativa.

Gli edifici, assai imponenti, meriterebbero appropriati interventi di tutela contro il degrado che minaccia di farli scomparire, e adeguatamente restaurati costituirebbero delle testimonianze storiche sugli avvenimenti bellici del recente passato [1-2-3]



Fig. 2. T. Vignotto, 2 T.cà Sassonio, 3 T.cà Bodi, 4 |T.cà Tortato, 5 T. Padovan, 6 T. Crepaldo, 7 T.cà Pasquali, 8 T. San Marco, 9 T.cà Scarpa, 10 T.cà Savio, 11 T.Hermada, 12 T. Lio Grand, 13 Forte Treporti, A Batt. Radaelli, B Batt. San Marco, C Batt. V.Pisani, D Batt. Amalfi.

3 Il Sistema Braccialini

3.1 I telemetri Braccialini

Il problema legato alla strategia militare per la difesa delle coste nella Prima guerra mondiale, è stato risolto con l'aiuto della trigonometria, in quanto per poter indirizzare le bocche da fuoco delle artiglierie poste lungo le coste era necessario conoscere la distanza del bersaglio. Negli anni compresi fra 1884 e il 1921 furono ideati e realizzati degli strumenti in grado di fornire, con metodi meccanici ed in modo automatico, gli elementi richiesti, per fare in modo che le artiglierie colpissero con precisione i bersagli.

Dall'estratto della *Rivista d'Artiglieria e Genio* vol. III e IV del 1921, l'Ing. Scipione Braccialini espone i principali telemetri ed apparecchi da lui progettati e che furono costruiti, adottati ed impiegati sia in Italia che in Giappone. Tali strumenti possono essere divisi in tre serie; la prima, prodotta negli anni 1884-1896 per il governo italiano, la seconda negli anni 1892- 1898 per il governo giapponese e la terza, con i goniostadiometri, negli anni del primo grande conflitto mondiale.

I telemetri da costa si dividono in due grandi classi: telemetri a base verticale, telemetri a base orizzontale. I primi sono collocati ad una certa altezza sul livello del mare e hanno per base tale altezza. I secondi sono quasi sempre collocati in posizioni molto basse e hanno per base la distanza che intercede fra la loro posizione e quella di uno strumento secondario, il goniometro. I telemetri, sia a base verticale che a base orizzontale, possono essere collocati sia all'interno della batteria, che devono servire, che esternamente e lontani da essa. Quindi ciascuna delle due grandi classi può essere divisa nelle due sottoclassi:

telemetri di batteria, telemetri esterni.

Inoltre, i telemetri di batteria possono essere collocati entro appositi casotti esposti al tiro nemico, oppure entro un apposito locale sotterraneo sicuro. La sottoclasse dei telemetri di batteria si divide ancora in due categorie: telemetri di batteria palesi, telemetri di batteria nascosti [4].

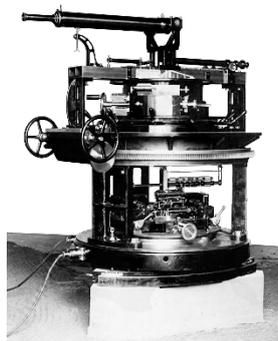


Fig. 3. Esempio storico di un goniostadiometro esterno a base orizzontale

3.2 Il goniostadiometro esterno a base orizzontale

I telemetri della terza serie sono generalmente conosciuti sotto il nome di goniostadiometri, erano strumenti destinati a fornire dati di tiro per una batteria a puntamento diretto o indiretto, lontana dalla stazione principale (dove vi era collocato lo strumento) e comunque disposta rispetto a questa. Come tutti i telemetri a base orizzontale, questo strumento, per funzionare, aveva bisogno di un altro strumento sussidiario detto goniometro, collocato in una stazione secondaria. Questi precisi telemetri furono collocati nelle torri di Cavallino nell'epoca della Grande Guerra.

Nel concetto che ha presieduto alla costruzione di questo strumento il tiro della batteria deve essere completamente diretto dalla stazione telemetrica, bisogna quindi trasmettere alla batteria tutti i dati di tiro, cioè: angolo di direzione, distanza o angolo di elevazione, ordini relativi al tiro in genere (carica, fuoco, al tempo, ecc.).

Questo strumento risolve in modo meccanico il seguente problema geometrico; siano G la stazione principale, C la stazione secondaria, B la batteria e N il bersaglio. Le distanze GC e GB sono conosciute, e sono dette rispettivamente: base di misurazione e base di riduzione. Se dai punti G e C dirigiamo sul punto N le visuali GN e CN , il triangolo GCN determina evidentemente la posizione del punto qualunque N sullo specchio d'acqua, perché la sua base GC è conosciuta e gli angoli NGC e NCG adiacenti ad essa sono determinati dalle visuali GN e CN . Se dal punto B conduciamo la visuale BN , anche il triangolo GBN è determinato, perché conosciamo a priori il lato BG , il lato GN è determinato dal triangolo GCN , e l'angolo BGN è determinato dalla posizione risultante della visuale GN rispetto alle basi GC e GB .

Prendiamo sulle basi GC e GB due punti, c e b le cui distanze Gc e Gb dal punto G siano in un determinato rapporto con le basi stesse GC e GB . Conduciamo dal punto C la parallela cn alla visuale CN . Il triangolo Gcn sarà evidentemente simile al grande triangolo GCN , quindi il punto n sarà omologo al punto N , e Gn sarà con la GN nello stesso determinato rapporto di Gc e GC . Perciò il punto n determina esattamente la posizione del punto N , ovvero del bersaglio. Conduciamo dal punto b la bn , evidentemente essa risulterà parallela alla visuale BN e sarà con essa nel rapporto prestabilito, mentre l'angolo Gbn sarà uguale all'angolo GBN . Quindi la bn darà, nella prestabilita scala, la distanza batteria-bersaglio, e l'angolo Gbn darà la direzione che la visuale batteria-bersaglio fa con la base GB .

Così la posizione del bersaglio N rispetto alla batteria è pienamente determinata.

Un goniometro è posto nella stazione secondaria, in modo che il suo cannocchiale possa ruotare intorno ad un asse verticale passante per il punto C . L'asse ottico di tale cannocchiale, diretto sul bersaglio N , determina la visuale CN .

Il goniostadiometro è posto nella stazione principale G , esso ha un grande cannocchiale che può ruotare intorno ad un'asse verticale passante per il punto G , il cui asse ottico, diretto sul bersaglio N , determina la visuale GN . Nel goniostadiometro stesso vi è poi un apposito congegno portante un'alidada HK che può ruotare intorno ad un'asse verticale passante per il punto c omologo al punto C . Il movimento di rotazione di tale alidada HK è collegato, per mezzo di un'apposita trasmissione elettrico automatica, a quello del cannocchiale del goniometro C , in modo che la retta centrale cn tracciata sull'alidada HK si mantenga costantemente parallela all'asse ottico del

cannocchiale stesso. Così il punto n determina, nello strumento, costantemente la posizione del bersaglio N sullo specchio d'acqua [5-6-7].

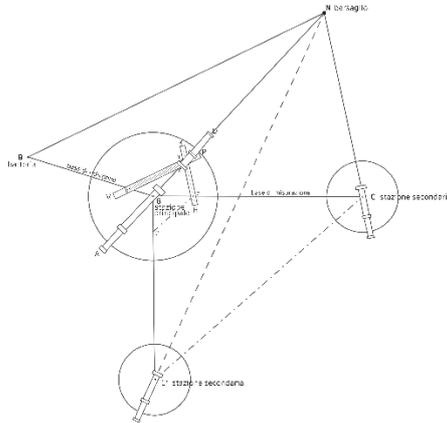


Fig. 4. Schema geometrico del Braccialini descritto in precedenza.

4 Il Sistema Braccialini nel territorio di Cavallino-Treporti

4.1 Connessioni tra torri telemetriche e batterie

Per riuscire a comprendere gli schemi geometrici del Braccialini e riportarli nella scala territoriale di Cavallino-Treporti sono state individuate le connessioni intercorrenti tra le torri telemetriche e le batterie costiere presenti nel litorale.

Ogni batteria aveva un proprio sistema di connessioni con tre differenti torri telemetriche, ossia con una torre principale, nella quale vi era collocato il goniostadiometro e con due torri secondarie, dove si trovavano i goniometri, ausiliari al corretto funzionamento del sistema topografico.

I differenti sistemi di connessioni erano costituiti quanto segue:

- Batteria C.A. Radaelli, Torre Ca' Padovan [1], Torre Ca' Vignotto [2sx], Torre Ca' Savio [2dx];

-Batteria San Marco, Torre Ca' Pasquali [1], Torre Ca' Sassonio, [2sx], torre di Forte Treporti [2dx];

-Batteria Vettor Pisani, Torre Ca' Scarpa [1], Torre Ca' Bodi o Cà Tortato [2sx], Torre di Forte Treporti [2dx];

-Batteria Amalfi, Torre di Forte Treporti [1], Torre Crepaldo [2sx], Torre San Nicolò al Lido [2dx] [8].

5 Il rilievo delle torri telemetriche

5.1 Il rilievo topografico e GNSS

Con il supporto del personale del Laboratorio di Fotogrammetria dello IUAV, si è eseguito il rilievo topografico e GNSS delle torri telemetriche presenti sul litorale di Cavallino-Treporti.

La strumentazione utilizzata era composta da: una stazione totale Leica TCR 1103, un ricevitore GNSS Stonex S900A, un prisma a riflessione totale.

L'obiettivo di questo rilievo consisteva nell'individuare e calcolare l'altezza precisa del punto in mezzeria delle feritoie presenti al giorno d'oggi nella maggior parte delle torri telemetriche.

A seguito del rilievo topografico, di torre in torre sono stati rilevati con il GPS due punti vicini; il primo di stazione e il secondo di orientamento per la stazione totale con lo scopo di georeferenziare e rototraslare i punti collimati nel sistema di riferimento cartografico Gauss-Boaga. Una volta eseguita la georeferenziazione, si sono esportati i dati delle coordinate dei punti collimati nel rilievo topografico e GNSS e, in seguito ad opportuni calcoli effettuati con un foglio di calcolo per determinare la traslazione di ogni punto, si è riusciti a stabilire l'altezza media delle feritoie per ogni torre rilevata. È importante specificare che ci si è concentrati sull'altezza in mezzeria delle feritoie in quanto i cannocchiali degli strumenti ottici adottati nella Prima guerra mondiale per il rilevamento della distanza del bersaglio, quali goniometri e goniostadiometri, si suppone fossero posizionati a quella quota [9].

5.2 L'altezza delle torri

Conclusa la fase di campagna, sono stati estratti i dati di ogni punto rilevato dalle schede SSD della stazione totale e del ricevitore GNSS per proseguire con le operazioni di calcolo.

In primo luogo, sono stati ordinati in differenti colonne i punti delle diverse stazioni del rilievo topografico e GNSS, successivamente per mantenere la precisione del rilievo topografico e trasportare le coordinate in un sistema assoluto, sono stati eseguiti dei calcoli per effettuare una traslazione in Z , in modo tale che gli scarti tra il massimo e il minimo del rilievo topografico fossero equamente distanti dal massimo e minimo del sistema satellitare. Determinata questa differenza si è proceduto calcolando la traslazione totale per ogni stazione e in seguito, questa traslazione, è stata applicata a tutti i punti rilevati nella topografia.

Definita la traslazione totale, per individuare l'altezza precisa sul livello del mare di ogni punto, si è calcolata la differenza tra la traslazione e l'altezza topografica dei punti collimati nelle feritoie delle torri e successivamente si è calcolata l'altezza media sul livello del mare di ogni feritoia.

5.3 Il calcolo dell'orizzonte

La curvatura terrestre, come si sa, è il motivo per cui l'orizzonte visibile, cioè la distanza tra un osservatore e la linea che separa cielo e terra, aumenta con la quota. Più

in alto si sale, maggiore è la porzione di superficie terrestre che si può dominare con lo sguardo (condizioni atmosferiche permettendo). Tale superficie ha la forma di una calotta sferica, la cui visibilità sull'orizzonte è il risultato finale del rilievo condotto sull'altezza delle feritoie delle torri del Cavallino.

Nel caso particolare di questa ricerca, oltre a confrontare il raggio di visibilità dell'orizzonte delle torri con quello della gittata massima delle artiglierie presenti nelle batterie, il calcolo dell'orizzonte si è reso necessario per determinare la precisione del sistema di puntamento dei congegni ottici presenti nelle torri telemetriche.

Considerando la Terra una sfera priva di atmosfera, la distanza dell'orizzonte può essere facilmente calcolata, tenendo in considerazione il teorema secante-tangente, il quale afferma la seguente equivalenza;

$$(OC)^2 = OA \cdot OB \quad (1)$$

$d = OC$ = distanza dall'orizzonte, $D = AB$ = diametro medio terrestre, $h = OB$ = altezza del punto di osservazione, $D+h=OA$ = diametro della terra più l'altezza dell'osservatore sul livello del mare.

Quindi la formula sarà:

$$d = \sqrt{h \cdot (2r + h)} \quad (2)$$

dove $\sqrt{}$ è la radice quadrata e r è il raggio medio terrestre (6372797m).

Se l'osservatore è vicino alla superficie della Terra e se ignoriamo l'effetto della rifrazione atmosferica, allora si può trascurare h nell'espressione $(2r + h)$, e la formula diventa:

$$d = \sqrt{2 \cdot r \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 6372797} \cdot \sqrt{h} \quad (3)$$

Il calcolo dell'orizzonte ha permesso di comparare le differenti visibilità dell'orizzonte dalle feritoie delle torri telemetriche presenti oggi giorno con le gittate massime dei cannoni di vario calibro presenti nelle batterie Amalfi, Vettor Pisani, San Marco e Radaelli.

Con questi procedimenti si è potuto comprendere i differenti raggi d'azione di ciascuna batteria e di conseguenza si è riuscita a determinare la precisione con la quale, a seconda della distanza del bersaglio nemico, venivano fatte le rilevazioni angolari e di distanza con lo strumento topografico ad una scala propriamente territoriale.

6 La simulazione delle precisioni topografiche e di tiro dei cannoni

6.1 Le precisioni topografiche

Attraverso una simulazione è possibile conoscere a priori le precisioni delle incognite prima di fare delle osservazioni, è un calcolo che tiene conto della geometria della rete e delle precisioni dello strumento.

Sulla base di queste considerazioni è possibile redigere il progetto delle reti. Questo consiste nel simulare situazioni, precisioni strumentali, collegamenti, geometrie e modificarle fin tanto che le precisioni soddisfino i requisiti del progetto e lo verificano nella sua consistenza e aderenza alla realtà. I dati d'input da inserire nei software per procedere con le simulazioni di reti planimetriche sono gli Scarti Quadratici Medi (SQM, incertezze) delle osservazioni degli strumenti che si intendono impiegare, i tipi di collegamenti, i vincoli. In questo caso sono stati inseriti i valori ipotizzati di precisione strumentale dei vari goniometri e goniostadiometri Braccialini usati nelle torri telemetriche nella Grande Guerra. L'output sono gli scarti quadratici medi SQM (σ o deviazione standard) delle coordinate x , y , z dei punti della rete, scelto un sistema di riferimento locale. Sono altresì dati i parametri delle ellissi d'errore che visualizzano l'incertezza di posizione di un punto nel piano o nello spazio.

Il sistema di connessioni preso come riferimento è quello della batteria San Marco, con la torre telemetrica Ca'Pasquali come principale e le torri Ca'Sassonio e di Forte Treporti come secondarie di sinistra e destra.

In primo luogo, si è reso necessario determinare le coordinate in X e Y delle torri coinvolte nel sistema di orientamento, queste coordinate sono definite fisse in quanto sono punti certi determinati dal rilievo eseguito in precedenza sulle torri. Successivamente, nella cartografia di riferimento, sono stati tracciati i raggi di visibilità dell'orizzonte di ogni torre e sono stati confrontati con il raggio massimo di gittata dei cannoni presenti nella batteria San Marco.

Una volta accertato che i raggi di visibilità delle torri rientrassero nel raggio di gittata massima, sono stati individuati dei punti, disposti arbitrariamente ad una distanza di 10gon l'uno dall'altro che rappresentano l'ipotetica posizione del bersaglio. Questi punti sono stati collocati lungo quattro differenti raggi di visibilità; massimo con base la torre Ca' Pasquali e Sassonio (A), massimo con base la torre Ca'Pasquali e di Forte Treporti (B), medio (C) e minimo (D) considerando la rete composta dalle tre torri assieme. Una volta determinate le coordinate fisse delle basi e le coordinate variabili dei punti ipotetici del bersaglio, si ottengono i dati di Input da inserire nel software per definire la precisione dei punti in mare.

Lo scopo di questo procedimento consiste nella definizione della precisione di puntamento di ogni punto riportato, identificandone gli errori quadratici medi delle coordinate dei punti e delle ellissi d'errore dovuti alla geometria della rete, dati che permettono di comprendere quale fosse il sistema di rilevamento ottimale utilizzato nel territorio di Cavallino in questo caso con le connessioni predisposte per la San Marco.

Per ottenere dei risultati verosimili è stata impostata la precisione strumentale dei goniometri e goniostadiometri dell'epoca. Per determinare questa precisione sono stati presi come riferimento i dati ottenuti nell'esercitazione pratica di questi strumenti topografici avvenuta nello scoglio di Capomiseno nel 1914. Dai dati osservati è stato possibile comprendere che la precisione di questi strumenti si aggirava attorno al primo di grado centesimale (equivalente a 10milligon). A seguito delle simulazioni di reti topografiche piane effettuate sui diversi raggi di visibilità presi come caso esemplificativo, si possono trarre delle conclusioni e definire quali fossero le geometrie di puntamento più precise del sistema di torri telemetriche della batteria San Marco. In primo luogo, per quanto concerne la visibilità dell'orizzonte massima delle basi di

connessione non si può effettuare un vero e proprio paragone, in quanto i punti osservati cambiano a seconda del raggio di visibilità. Nel caso delle simulazioni del raggio di visibilità medio e minimo si possono invece comparare i valori ottenuti, in quanto tutti i punti sono visibili dalle tre torri e sono i medesimi in entrambi gli schemi. In queste simulazioni si può notare che sussiste un punto di “rottura” dopo il quale i valori degli SQM delle coordinate di stazione e delle ellissi di errore tendono ad essere più o meno precisi a seconda della base di misurazione presa in riferimento.

In queste simulazioni sono state prese in considerazione solamente le reti topografiche, sebbene a varie distanze, generate dai sistemi di collegamento delle torri della batteria San Marco. Se venissero simulate anche le reti di connessione delle batterie Amalfi, Vettor Pisani e Radaelli si otterrebbero certamente dei risultati molto interessanti che confrontati tra loro genererebbero delle zone in cui ogni sistema ricoprirebbe il proprio maggior grado di precisione, comprendendo tutte insieme un area di puntamento del bersaglio nemico con precisioni elevate lungo tutta la parte nord della laguna veneta, dimostrando come il sistema difensivo del litorale del Cavallino fosse senza eguali e che nel caso di un assalto nemico molto probabilmente avrebbe lasciato inespugnata Venezia da fronte mare [10, 11, 12].

6.2 Le precisioni dei cannoni

Per rifinire questa ricerca si è voluto approfondire questo tema riportando anche le ipotetiche precisioni di tiro delle artiglierie della batteria San Marco. In primo luogo, deve essere specificato il fatto che i dati riportati sulle dispersioni dei colpi in mare non sono propriamente specifici delle artiglierie da 305/50 della San Marco, ma sono il frutto di considerazioni ponderate su diversi cannoni impiegati nel periodo delle due guerre. Realizzando quindi dei calcoli approssimativi valutando differenti indici di dispersione si sono potuti ipotizzare dei valori medi di precisione, i quali dipendono e variano in maniera quasi proporzionale alla distanza che separa la batteria con il bersaglio.

Con l'intenzione di realizzare degli schemi planimetrici che illustrassero le relazioni intercorrenti tra le precisioni delle reti topografiche e le dispersioni medie dei colpi lungo i differenti raggi di visibilità, non sono state considerate certe variabili come la densità dell'aria, la velocità del vento, le caratteristiche del proiettile, le quali comporterebbero sicuramente ad una decrescita delle precisioni ottenute. I raggi di massima visibilità sono quelli che presentano degli σ_N e dei valori medi di dispersione delle salve maggiori, pertanto in questo sistema di rete si può sostenere che l'abbattimento del bersaglio nemico sarebbe stato possibile ma con limitate probabilità di riuscita.

Nei punti definiti dal raggio di visibilità medio gli SQM e le ellissi di dispersione dei colpi risultano maggiormente contenuti, dimostrando che l'avvicinamento del bersaglio alla costa avrebbe comportato un aumento delle possibilità di colpo preciso e sicuro su esso, di fatto, nei punti che conformano la rete topografica di raggio minimo, tali valori sono estremamente precisi con delle σ_N minime e un'ellisse di dispersione, che considerando la dimensione della corazzata nemica, consentiva una quasi totale sicurezza di abbattimento.

Bisogna inoltre considerare un concetto fondamentale della navigazione marittima. Le navi erano vincolate a navigare sotto costa, per due motivi; per riuscire ad orien-

tarsi meglio, in quanto l'orientamento in mare era possibile soltanto mediante il sestante e tre osservazioni astronomiche, all'alba, a mezzodì e al tramonto, essendo poi impossibile orientarsi quando il cielo è coperto, e il secondo motivo era per poter avvistare le postazioni a terra da colpire, in questo caso le batterie di Cavallino.

Anche la Marina Austriaca, per ottenere una maggiore possibilità di bombardamento corretto, era indotta ad avvicinarsi il più possibile alla terraferma e ciò avrebbe comportato un vantaggio per il sistema di puntamento delle torri telemetriche, in primo luogo perché avvicinandosi cresceva l'indice di precisione del sistema topografico e diminuiva la dispersione media della salve dei proiettili della San Marco, inoltre dal momento dell'avvistamento dell'obiettivo nemico sulla linea dell'orizzonte si aveva a disposizione le strumentazioni necessarie in grado di determinare il punto più preciso possibile su cui dettare il comando di fuoco per sbaragliare l'avanzata nemica [13].

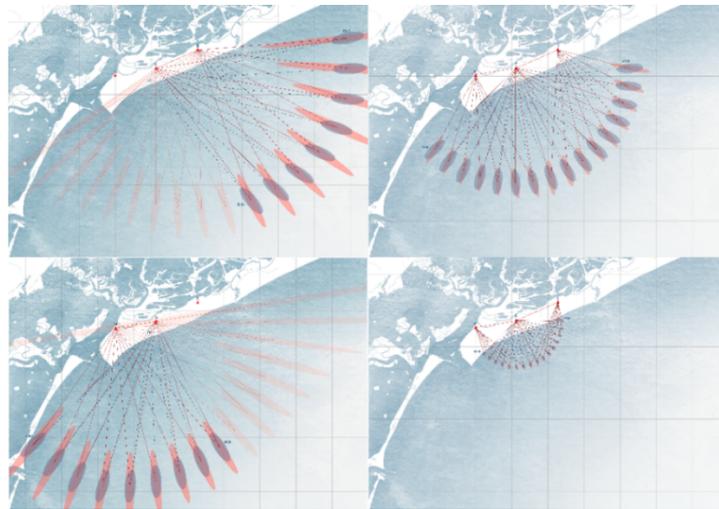


Fig. 5. Cartografia con illustrato il confronto tra la precisione topografica ottimale dei raggi di visibilità (massimo, medio, minimo) della base GB e GM (ellisse rosso) con la dispersione delle salve a tale distanza di tiro (ellisse blu).

Bibliografia

1. Carlo Alfredo Clerici, *Le difese costiere Italiane nelle due Guerre Mondiali*, Parma, Albertelli Edizioni Speciali, 1996.
2. Fulvio Lazzarini, Carlo Clerici, *Gli Artigli del Leon*, Venezia, Artergrafica Silva, 1997.
3. Sandra Martin, Piero Santostefano, Edoardo Pittalis, *Un telegrafista alla Batteria Radaelli 1915-1916 – Pagine dal diario di Ercole Vari tra Cavallino, Jesolo e Venezia*, Venezia, Tipi Edizione, 2017.
4. Braccialini Scipione, Brigadiere Generale, *I telemetri da costa e gli apparecchi accessori sistema Braccialini*, Estratto dalla *Rivista d'Artiglieria e Genio*, vol. III e IV, 1921, Roma, Stabilimento Poligrafico Amministrazione Guerra, 1921.

5. Ministero della Guerra, n. 152, Istruzione sul telemetro esterno a base orizzontale, sistema Braccialini (T.E.O), Roma, Enrico Voghera Tipografo Editore del Giornale militare, 1915.
6. Officina Galileo di Firenze, Télémètres de côte - Système "Braccialini", Firenze, 1904.
7. Officina Galileo di Firenze, Esperienze con un Goniostadiometro esterno a base orizzontale sistema Braccialini, Firenze, Tip. di Salvatore Landi, 1901.
8. Santostefano Piero, Il goniostadiometro Braccialini delle Officine Galileo e la sua dislocazione lungo la costa veneziana negli anni immediatamente precedenti la Prima guerra mondiale, Firenze, Tip. L'arcobaleno, 2018.
9. Riccardo Barzaghi, Livio Pinto, Diana Pagliari, Elementi di topografia e trattamento delle osservazioni, Città Studi Edizioni, 2018.
10. Barbarella M., Crosilla F., Ottimizzazione dei pesi e dell'affidabilità delle osservazioni di una rete di inquadramento per cartografia a grande scala, Boll. della SIFET, n.1, 1983.
11. Barbarella M., Pieri L., Il peso nella compensazione delle misure geodetiche, Boll.di Geodesia e Scienze affini n.2, 1983.
12. Ministero della Guerra, Ispettorato dell'Arma di Artiglieria, n. 1877, Nozioni sui sistemi ottici dei congegni di osservazione e di puntamento e sui telemetri monostatici, 1° ristampa dell'edizione 1927, Roma, Istituto poligrafico dello Stato, 1940.
13. Ministero della Guerra, Pietro Gazzera, Manuale Pratico di Tiro per l'artiglieria, Roma, Istituto poligrafico dello Stato, 1932.

Conoscenza del territorio e rischio percepito attraverso l'analisi spaziale: caso studio Centro Storico di Genova

Stefania Traverso¹, Federico Rottura¹, Gianluca Giurato², Stefano Schenone², Alberto Brambilla², Ilaria Ferrando³, Bianca Federici³, Domenico Sguerso³

¹ Comune di Genova, Direzione Tecnologie Digitalizzazione e SmartCity, Ufficio SIT, stefaniatraverso@comune.genova.it, frottura@comune.genova.it

² Comune di Genova, Corpo Polizia Locale

³ Università di Genova – DICCA - Laboratorio di Geomatica
ilaria.ferrando@edu.unige.it, bianca.federici@unige.it, Domenico.Sguerso@unige.it

Abstract. L'applicazione delle tecniche di analisi spaziale su aree particolarmente ricche di fenomeni ed elementi territoriali può essere uno strumento di valenza strategica per identificare cluster significativi, confrontare estrapolazioni oggettive con soggettive, disporre di informazioni utili ad una pianificazione mirata e olistica.

Il progetto nasce dall'interazione del Database Topografico e dei servizi del Geoportale del Comune di Genova con la base informativa della Polizia Locale contenente gli interventi effettuati, e con i dati degli studi sul campo eseguiti nella zona campione costituita dal Centro Storico. La componente universitaria specialistica apporta un approfondimento delle tecniche di studio, con individuazione di parametri oggettivi rispetto al rischio percepito e identificazione di strumenti di analisi specifici. Il confronto da letteratura identifica tipologie di analisi applicabili e tipologie di eventuali interventi a parità di condizioni delle aree studio. Si ipotizzano, ad esempio, parametri di riferimento quali tipologia di quartiere da un punto di vista geometrico (larghezza strade, presenza marciapiedi, altezza edifici), illuminazione (diurna/notturna), tipologia di quartiere (profilo anagrafico-economico). L'analisi spaziale si basa su: studio dei cluster con classificazione degli interventi, individuazione di pattern, analisi di similarità (osservazione delle aree) su finestre spaziali e temporali a scelta anche per tipologia di evento, valutazione della propensione di aree simili ad eventi analoghi e relativa anticipazione di analoghe misure di intervento (propensione delle aree).

La mappatura degli interventi viene realizzata direttamente sul Geoportale filtrando i dati per categorie specifiche e con la creazione di cruscotti dinamici (Geodashboard). Tra le diverse visualizzazioni ed aggregazioni tematiche, quella più semplice e di immediata comprensione è la rappresentazione ad istogramma, attivabile su widget dedicato nel map viewer del Geoportale, variabile in funzione dell'estensione dell'area di indagine e aggiornabile rispetto all'ampiezza della serie temporale prescelta. Un esempio è riportato in Fig.1. L'adozione dei tool di indagine per il caso studio consentirà di valutarne la fruibilità ed applicabilità ad altre zone del territorio comunale.



Fig. 1. Tematizzazione di classi di segnalazioni per la Polizia Locale, con istogramma aggiornato in funzione della finestra geografica di rappresentazione, per serie temporale assegnata.

La diffusione pubblica dei risultati delle analisi spaziali è riportabile in forma di aggregati statistici pseudonimizzati, per tutelare localizzazioni in termini assoluti e loro variazione a seguito di eventuale intervento sul territorio.

La prospettiva ascrivibile all'attività presentata è il monitoraggio nel tempo dell'efficacia degli interventi e la riqualificazione del territorio.

Mappatura dei materiali di copertura degli edifici da immagini WorldView-3

Francesca Trevisiol¹[0000-0003-1105-1017], Alessandro Lambertini¹[0000-0002-5896-1088],
Francesca Franci¹[0000-0001-9925-4075] e Emanuele Mandanici¹[0000-0003-4822-1577]*

¹ DICAM – Università di Bologna, emanuele.mandanici@unibo.it

Abstract. La disponibilità di immagini satellitari ad alta risoluzione sia spettrale che spaziale amplia notevolmente la gamma di applicazioni del telerilevamento in ambito urbano [1]. In particolare, le immagini WorldView-3 (WV3) si compongono di una banda pancromatica con risoluzione spaziale di 0,3 m, 8 bande nel visibile e infrarosso vicino (VNIR) a 1,2 m e ulteriori 8 bande nell'infrarosso ad onde corte (SWIR) a 3,4 m. Il satellite offre anche la possibilità di acquisizioni stereo per la generazione di modelli digitali del terreno. Proprio le elevate risoluzioni rendono tali immagini particolarmente adatte allo studio delle aree urbane, caratterizzate da una elevata complessità morfologica [2]. Lo studio si propone quindi di valutare le potenzialità di queste immagini per l'identificazione di edifici e la classificazione dei materiali di copertura. L'area di studio su cui è stata svolta la sperimentazione comprende l'intera area urbana di Bologna, con un'estensione di circa 100 km². Su questa zona sono state acquisite due coppie stereoscopiche pancromatiche e multispettrali ed una immagine nello SWIR. Tutte le acquisizioni sono avvenute nel settembre 2017, all'interno del progetto ChoT (*The challenge of remote sensing thermography as indicator of energy efficiency of buildings*), finanziato dal MIUR nell'ambito del programma SIR2014. Le immagini sono state calibrate geometricamente e radiometricamente con l'ausilio di appositi rilievi GNSS e con uno spettroradiometro da campo. Le stereocoppie sono inoltre state processate per la generazione di un modello digitale della superficie (DSM) alla massima risoluzione possibile (0,5m) [3]. Tra i numerosi approcci discussi in letteratura per l'estrazione degli edifici, si è scelto un approccio orientato a oggetti, basato sia sulle informazioni morfologiche derivanti dal DSM che sulle informazioni spettrali e tessiturali derivanti dalle immagini multispettrali. Una prima segmentazione è stata eseguita su una mappa di pendenza derivata dal DSM. Una gerarchia di criteri di sogliatura ha permesso la discriminazione degli oggetti corrispondenti ad edifici da tutte le altre tipologie di copertura del suolo. Successivamente, ai soli edifici, è stata applicata un'ulteriore segmentazione basata sui *pattern* spettrali bande VNIR. Il secondo livello di oggetti così ottenuti è stato classificato con approccio supervisionato, utilizzando l'algoritmo SVM (*Support Vector Machine*) su tutte le 16 bande su alcuni indicatori di tessitura. Le classi comprendono i principali materiali di copertura utilizzati nell'area, cioè coppi in argilla, guaine bituminose, fogli metallici di diverse colorazioni e coperture in ghiaia (lavata o sciolta). Oltre a ciò, è stata considerata un'ulteriore classe per raccogliere i pochi tetti che non appartengono a nessuna di queste categorie. È importante notare che, ai fini del training e della successiva validazione, è stato compilato un *database* di verità a terra riguardante circa 150 edifici. Le informazioni

sui materiali sono state ottenute con rilievi *in situ* effettuati con un drone, il quale ha permesso la video-ispezione ravvicinata delle superfici dei tetti. Tali sorvoli sono stati però fortemente limitati dalle severe disposizioni riguardanti l'impiego di droni in area urbana, anche per la vicinanza di zone sensibili come l'aeroporto internazionale. Su alcuni edifici, poi, ove fosse possibile accedere al tetto, sono stati effettuati anche sopralluoghi diretti. Le informazioni così ottenute sono state aggiunte come attributo alla cartografia tecnica digitale del Comune di Bologna [2]. Sulla base di questi dati è stato quindi possibile calcolare le matrici di confusione necessarie ad una verifica dell'accuratezza del processo di classificazione delle immagini. La validazione è stata articolata in due fasi. La prima ha riguardato la sola identificazione degli oggetti appartenenti ad edifici ed è risultata una accuratezza complessiva del 95%, sia pure con un errore di omissione del 20%. La seconda fase ha invece riguardato la valutazione della classificazione dei materiali di copertura: l'accuratezza complessiva risulta pari al 91% (coefficiente K 0,89). La maggior parte degli errori è frutto di inaccuratezze nel DSM generato dalle immagini. È però importante sottolineare che la procedura proposta si basa unicamente sulle immagini satellitari acquisite, senza l'ausilio di ulteriori dati più costosi (quali rilievi aerei e LiDAR), e può quindi essere facilmente replicata in qualsiasi contesto urbano.

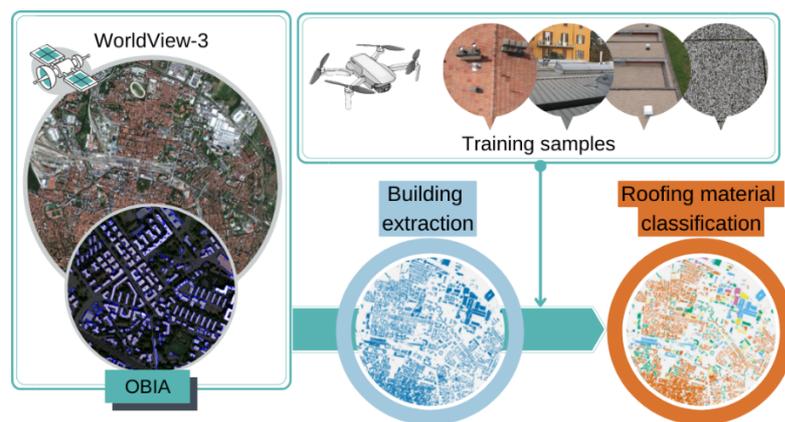


Fig. 1. Workflow generale adottato in questo studio.

Riferimenti bibliografici

1. Mandanici E., Franci F., Girelli V.A., Lambertini A., Applicazioni in ambito urbano di stereo-coppie WorldView-3. In: Atti Conferenza Nazionale ASITA 2019, pp. 699 – 700 (2019).
2. Trevisiol F, Lambertini A, Franci F, Mandanici E. An Object-Oriented Approach to the Classification of Roofing Materials Using Very High-Resolution Satellite Stereo-Pairs. Remote Sensing 14(4), 849 (2022). <https://doi.org/10.3390/rs14040849>
3. Mandanici E., Girelli V.A., Poluzzi L. Metric accuracy of digital elevation models from WorldView-3 stereo-pairs in urban areas. Remote Sensing 11, 878 (2019).

A Prototype Processor for Vegetation Traits Retrieval from PRISMA Hyperspectral Data

Tricomi Alessia¹, Corrado Avolio¹, Raffaele Casa², Mario Costantini¹, Maria Lucia Magliozzi¹, Simone Pascucci³, Stefano Pignatti³, Nada Mzid², Monica Palandri¹, Patrizia Sacco⁴, Deodato Tapete⁴, Massimo Zavagli¹

¹ e-GEOS, Rome, alessia.tricomi@e-geos.it, corrado.avolio@egeos.it, mario.costantini@e-geos.it, marialucia.magliozzi@e-geos.it, monica.palandri@e-geos.it, massimo.zavagli@e-geos.it

² University of Tuscia, Viterbo, rcasa@unitus.it, nada.mzid@unitus.it

³ CNR-IMAA, Rome, simone.pascucci@cnr.it, stefano.pignatti@cnr.it

⁴ Italian Space Agency, patrizia.sacco@asi.it, deodato.tapete@asi.it

Abstract. Hyperspectral data, providing reflectance from visible to shortwave infrared wavelength at very high spectral resolution, can greatly contribute to the retrieval of biophysical and biochemical vegetation traits, which are of high relevance for agricultural and ecological applications. In the framework of the Italian Space Agency project “Sviluppo di Prodotti Iperspettrali Prototipali Evoluti” (Contract ASI N. 2021-7-I.0), a prototype processor has been developed, exploiting PRISMA (PRecursores IperSpettrale della Missione Applicativa) imagery, for quantifying parameters such as Leaf Area Index (LAI), Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation (FAPAR), Fractional Vegetation Cover (FCOVER), Chlorophyll-a and Chlorophyll-b (Cab) useful for vegetation characterization.

In the scientific literature, the retrieval methods of vegetation traits are categorized into four groups: parametric regression, non-parametric regression, physically-based (including inversion of Radiative Transfer Models – RTMs – using numerical optimization and Look Up Tables –LUT- approaches), and hybrid regression methods. We have developed a prototype processor based on a hybrid method that inverts physical models through machine learning (ML) regression algorithms [1, 2]. In our method, the physical models, based on PROSAIL and relating the vegetation physical parameters to the bottom of atmosphere reflectance, are used to generate simulated plant canopy spectral reflectances (from 400 to 2500 nm at 1 nm spectral resolution). Such simulated data, resampled to the PRISMA band configuration, are used to train the ML regression model. A contamination with noise has been considered in order to improve the generalization capability of the models. In addition, a subspace of the feature space has been selected by means of dimensionality reduction techniques like PCA (Principal Component Analysis), in order to avoid correlated information that may result in suboptimal performances. Different machine learning algorithms, such as Random Forest, Support Vector Machine, Gaussian Process and Artificial Neural Network, have been evaluated and tested for the regression task.

The proposed approach allows retrieving vegetation indicators with lower computational time than other methodologies presented in the literature. In addition, it has a high power of generalization, thanks to the high representativeness of the training

dataset, which has been generated taking into account different combinations of vegetation parameters and illumination/acquisition geometry configurations.

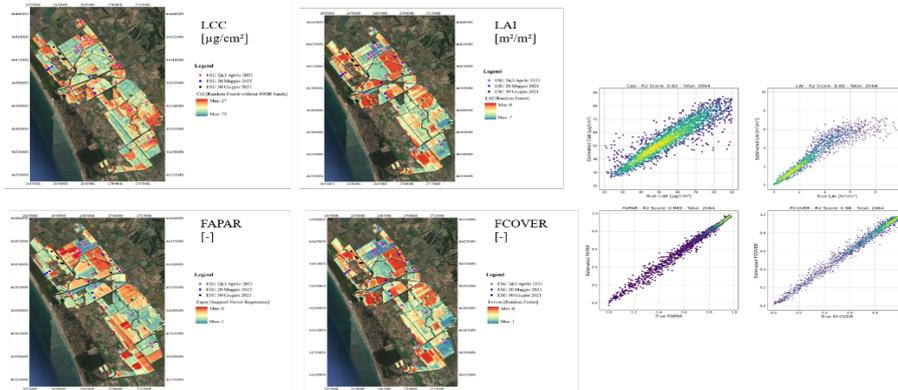


Figure 1. Scatter plot of the best model for each variable (LCC, LAI, FAPAR, FCOVER). Maps of variables extracted over the Maccarese (Italy) study site (on the left). Data/Information generated by e-GEOS, CNR-IMAA, Università degli Studi della Tuscia, under an ASI License to Use; Original PRISMA Product - © ASI – (2021).

Table 1. Theoretical performances on simulated test data set.

Variable	R^2
LAI	0.88
LCC	0.82
FAPAR	0.98
FCOVER	0.99

In order to demonstrate the capabilities of the prototype processor and to measure its performances, the trained models have been validated on several PRISMA data acquired over the Maccarese (Italy) study site with respect to ground data collected in situ, showing good results. A comparison with variables retrieved from Sentinel-2 imagery has been carried out and performances on LAI, FAPAR and FCOVER are comparable. Concerning the retrieval of the leaf chlorophyll content (LCC), the continuous sampling of VIS and red edge leads to a better discrimination of different pigments and the results are more accurate.

Bibliographic References:

1. Weiss, M., Baret, F.: S2ToolBox Level2 Products: LAI, FAPAR, FCOVER. (2016).
2. Danner, M., Berger, K., Wocher, M., Mauser, W., & Hank, T.: Efficient RTM-based training of machine learning regression algorithms to quantify biophysical & biochemical traits of agricultural crops. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 173, 278-296 (2021).

L'aggiornamento all'anno 2020 della Banca dati della copertura del suolo del Veneto attraverso l'uso di immagini satellitari ottiche ad alta risoluzione

Umberto Trivelloni¹, Silvano De Zorzi¹, Alessandra Amoroso¹, Simone Rinaldo²

¹ Regione del Veneto - Direzione Pianificazione Territoriale,
umberto.trivelloni@regione.veneto.it
silvano.dezorzi@gmail.com
alessandra.amoroso@regione.veneto.it

² Corvallis S.r.l. – Geodata
Simone.Rinaldo@corvallis.it

La Regione del Veneto realizza dal 2007 la Carta di Copertura del Suolo (CCS) che, in forma di database geografico, descrive ciò che attiene alle caratteristiche fisiche della superficie terrestre in riferimento alle classi della Legenda CORINE LAND COVER, standard internazionale condiviso per questo tipo di cartografia tematica.

Successivamente all'avvio del progetto sono state prodotte numerose diverse edizioni della CCS, conservando la medesima tipologia di classificazione e mantenendo inalterata la scala di rilievo e rappresentazione pari a 1:10.000; tali elementi di continuità consentono di operare i confronti, anche quantitativi, in termini di evoluzione delle superfici territoriali appartenenti alle diverse classi di copertura e uso del suolo.

Le edizioni successive, focalizzate prevalentemente sui territori modellati artificialmente, sono state prodotte negli anni 2012, 2015 e 2018 ricorrendo alla fotointerpretazione di ortofoto (fotogrammi aerei georiferiti, mosaicati e ortorettificati); parallelamente la Direzione Pianificazione Territoriale ha sviluppato alcuni processi di elaborazione di dati satellitari, specialmente mediante operazioni di machine learning per l'individuazione automatica dei cambiamenti del territorio nel tempo (*change detection*).

La necessità di disporre di dati con risoluzione temporale adeguata alle esigenze di monitoraggio del territorio, ha portato alla decisione di procedere con un ulteriore aggiornamento riferito all'anno 2020; tale soluzione, che introduce la cadenza annuale, si rivela ottimale anche per sostenere il processo di monitoraggio della pianificazione a scala regionale avviato a seguito dell'approvazione del Piano Territoriale Regionale di Coordinamento (PTRC) avvenuta il 30 giugno 2020.

Da un punto di vista strettamente operativo la produzione si è articolata in tre fasi successive che di seguito vengono elencate e brevemente descritte:

Fase 1: analisi dei materiali preventivamente trasmessi dalla Regione all'impresa appaltatrice (CTRNI, DB Geotopografici, ortofoto storiche, Carte e Banche dati tematiche, dataset specifici georiferiti o geolocalizzati etc.), o acquisiti dall'impresa (immagini satellitari), e redazione di un progetto esecutivo comprensivo della descrizione delle metodologie previste per la realizzazione dell'aggiornamento dato il carattere sperimentale del lavoro;

Fase 2: revisione geometrica e tematica dei poligoni afferenti alla Classe 1 – Territori modellati artificialmente (ereditati dall'edizione 2018 della banca dati), provvedendo all'apporto correttivo del tematismo e della definizione geometrica degli stessi oltre che dei territori riferiti alle altre Classi se interessate dalle mutazioni registrate nella Classe 1. Le modifiche di ordine geometrico e tematico sono state eseguite ad una scala di rilievo non inferiore a 1:10.000 che rappresenta il rapporto di riferimento per i prodotti di consegna;

Fase 3: produzione dei file di stampa e redazione di una relazione conclusiva descrittiva delle attività compiute nel corso dell'esecuzione del Servizio.

L'aggiornamento al 2020 presenta la particolarità di utilizzare, in luogo delle tradizionali riprese aeree, le immagini a medio-alta risoluzione fornite dai satelliti SPOT 6/7; si tratta di una risorsa che non soltanto è pienamente adeguata per la scala e per il tipo di prodotto cartografico da realizzare (la risoluzione spaziale della banda pancromatica è pari a 1,5 m), ma presenta anche notevoli vantaggi in termini di sostenibilità economica poiché la copertura dell'intero Veneto è stata possibile con un onere complessivo pari a circa 12.000 euro. Si tratta di una cifra ampiamente inferiore rispetto ai costi che comporta l'esecuzione di una ripresa aerea. Inoltre, contrariamente alle ortofoto aeree, si tratta di un dato che può essere disponibile all'elaborazione pochi giorni dopo essere stato acquisito.

Si evidenzia quindi l'importanza di analizzare ad ampio raggio le innovative fonti informative geografiche al fine di trarre gli esiti dei progressi tecnologici e metodologici all'interno delle attività che la Regione porta avanti nel quadro delle proprie funzioni istituzionali; il tutto nella ricerca di una sempre migliore sostenibilità in termini economici che si accompagna all'efficienza dei servizi realizzati a beneficio della comunità.

Tale processo trova pieno compimento nell'ambito dell'ecosistema dell'Infrastruttura Dati Territoriali della Regione del Veneto (IDT-RV) che, oltre a consentire il rilascio in modalità open della banca dati per un totale di circa 70.000 download o connessioni WFS all'anno, rappresenta il luogo ove tutta l'informazione geografica regionale sviluppa la massima interoperabilità.

Il GeoPortale SitVI 2.0 del Comune di Vicenza ed il Progetto SIT del Comune del Comune di Schio: da WebGIS ad Infrastruttura Dati (IDT) intercomunale

Marco Vezzali ¹, Eugenio Berti ², Rosario Ardini ³, Virgilio Cima ⁴, Roberta Fagandini ⁵, Mario Scortegagna ⁶

¹ Comune di Schio, Ufficio SIT – Ecografico, Via Fratelli Pasini n° 33 – 36015 Schio (VI)
+39 0445 691308, marco.vezzali@comune.schio.vi.it

² Comune di Vicenza, Ufficio SIT, Corso Andrea Palladio n° 98a – 36100 Vicenza
+39 0444 221232, eberti@comune.vicenza.it

³ Comune di Vicenza, Ufficio SIT, Corso Andrea Palladio n° 98a – 36100 Vicenza
+39 0444 221354, rardini@comune.vicenza.it

⁴ Professionista Consulente, Via Pasquini n° 1 – 50127 Firenze
+39 335 6359312, virgiliocima@gmail.com

⁵ Gter s.r.l., Via Jacopo Ruffini n° 9/1A – 16128 Genova
+39 010 0899150, roberta.fagandini@gter.it

⁶ Pasubio Tecnologia s.r.l., Viale Ventinove Aprile n° 6 – 36015 Schio (VI)
+39 0445 610511, mario.scortegagna@pasubiotecnologia.it

Premessa

L'Amministrazione del Comune di Schio ha avviato il Progetto SIT – Sistema Informativo Territoriale per offrire sempre migliori servizi a Cittadini, Professionisti ed Imprese, oltre che agli Uffici comunali stessi, riconoscendolo come “progetto prioritario e strategico per l'Ente”.

Il Comune di Schio su proposta e di concerto con la Regione del Veneto, ed in collaborazione con il Comune di Vicenza (modello di riferimento regionale e nazionale in ambito di SIT comunali), ha realizzato due importanti accordi tesi a sviluppare politiche ed azioni condivise fra i tre Enti:

1. il “*Protocollo di Intesa tra la Regione del Veneto ed il Comune di Schio per la condivisione l'integrazione e la produzione di dati territoriali*” finalizzato alla produzione del GeoDBT, della CTRN e delle ortofoto
2. il “*Protocollo di Intesa per l'integrazione dei Sistemi Informativi Territoriali - SIT dei Comuni di Vicenza e di Schio*” finalizzato alla piena condivisione, da parte de Comune di Schio, del modello implementativo del Comune di Vicenza del GeoDataBase Topografico (GeoDBT), dello Stradario Comunale Ecografico, della Numerazione Civica, del GeoPortale del Comune di Vicenza SitVI 2.0 e – in termini più ampi - dell'intero modello del Progetto SIT sviluppato dal Capoluogo

Il Progetto SIT prevede – in sintesi - le seguenti fasi, alcune tuttora in corso:

1. Rete Geodetica: estensione della “Rete Geodetica di Vicenza – Alto Vicentino”, un apparato informativo per aumentare la precisione di impianto del GeoDBT e favorirne l'aggiornamento sistematico
2. produzione del GeoDBT e Nuova Carta Tecnica Regionale Numerica (CTRN), recepiti e validati come cartografia ufficiale da parte della Regione del Veneto
3. immagini aeree digitali ad alta risoluzione: ortofoto ed immagini oblique sulle aree antropizzate
4. rilievo georeferenziato della numerazione civica, banca dati essenziale per la messa a sistema di altre banche dati per la costituzione del SIT
5. progressiva digitalizzazione e georeferenziazione dei giacimenti informativi comunali
6. mappatura, revisione e regolamentazione dei processi amministrativi-gestionali che alimentano le singole banche dati di produzione comunale, anche attraverso la nomina dei singoli Responsabili e la stesura di regolamenti attuativi comunali
7. pubblicazione dei diversi geodati su web attraverso il GeoPortale SitVI 2.0 del Comune di Vicenza, l'infrastruttura informatica dell'Amministrazione del capoluogo vicentino (sviluppata dalla ditta Gter di Genova)

Il Progetto SIT vede la collaborazione fattiva, oltre che della Regione del Veneto e del Comune di Vicenza – Ufficio SIT, della ditta Gter (sviluppatrice del GeoPortale SitVI 2.0), di Pasubio Tecnologia s.r.l. (partner tecnologico “in-house” del Comune di Schio) e di Professionisti esperti: fra questi principalmente l’ing. Virgilio Cima di Firenze.

Lo sviluppo del Progetto SIT è per sua natura un lavoro in continua espansione evolutiva, e prevede fin dalle sue origini, il più largo uso possibile di strumentazione informatica di tipo “open source” (ad esempio software quali PostgreSQL/PostGIS, GeoServer e QGIS) e di apertura alle nuove tecnologie.

Il Sistema Informativo Territoriale (SIT) del Comune di Vicenza è pubblicato in rete attraverso il GeoPortale SitVI 2.0 sviluppato da Gter e realizzato con software geografico free ed open source (GFOSS). Negli anni, SitVI 2.0 è stato arricchito di nuove funzionalità e strumenti; ad oggi, esso conta oltre 400 layer archiviati in un unico GeoDataBase (GeoDBT) dedicato alla pubblicazione su Web. L’architettura di SitVI 2.0 permette l’integrazione fra i diversi livelli cartografici, mantenuti costantemente aggiornati, e interrogazioni spaziali estremamente personalizzate che restituiscono mappe tematiche con la possibilità di scaricare i dati territoriali nei formati digitali maggiormente diffusi. Tali funzionalità alimentano concretamente le politiche e le azioni a supporto degli Open Data.

La riconosciuta competenza ed esperienza del Comune di Vicenza in materia di SIT viene ora proposta ed estesa ad altri Enti territoriali, interessati a realizzare un percorso analogo; condividendo l’adozione di modelli gestionali ed operativi.

Obiettivi

Senza entrare nello specifico di ogni singolo aspetto costitutivo dell’intero Progetto SIT, gli obiettivi – tuttora alcuni ancora in corso - che si è posto il Comune di Schio sono essenzialmente:

1. interoperabilità delle diverse banche dati ed il più largo impiego di sw open source
2. semplificazione del GeoDBT collaudato ed adeguamento al modello implementativo del GeoDBT di Vicenza, con funzione di principale Infrastruttura Dati Territoriale (IDT) del Progetto SIT
3. derivazione di nuovi livelli informativi di valore essenziale (Edifici, Stradario Comunale Ecografico, Numerazione Civica Georeferenziata, Codice Ecografico ed altro ancora), alcuni di essi desunti principalmente dal GeoDBT
4. adeguamento degli archivi informativi comunali, con revisione e regolamentazione dei flussi gestionali e manutentivi dei dati di produzione comunale
5. pubblicazione dei vari geodati nel GeoPortale SitVI 2.0

Il progetto nasce da una iniziativa del Comune di Vicenza, già presentata in ASITA 2021. Il Comune di Vicenza ha messo a disposizione del Comune di Schio le proprie esperienze e competenze gestionali e tecniche, la struttura del proprio GeoDBT (opportunamente predisposto e vuoto) ed il GeoPortale SitVI 2.0. Il Comune di Schio ha quindi iniziato a popolare tale GeoDBT con i propri dati, ottenendo il conseguente ed immediato riscontro della pubblicazione dei propri geodati su web all’interno di SitVI 2.0.

L’obiettivo prioritario è creare, a partire dal GeoDBT prodotto e collaudato secondo le “Specifiche di Contenuto per i DB Geotopografici”, le necessarie ed ottimali condizioni di assetto e strutturazione dei dati, finalizzate al collegamento del GeoDBT con i diversi archivi informativi comunali. L’impiego condiviso del GeoPortale SitVI 2.0 richiede che le strutture informative dei geodati dei due Comuni, a partire dai rispettivi GeoDBT, siano identiche. Del resto, è di tutta evidenza che fatte le dovute eccezioni, le regole per la gestione amministrativa e tecnica del territorio e dei relativi servizi sono le medesime per ogni comune italiano.

Inizialmente, le attività si sono quindi focalizzate su due sotto-progetti, distinti ma sinergici:

1. adeguamento del GeoDBT alle specifiche implementative del GeoDBT di Vicenza. Le specifiche tecniche “di base” sulle quali vengono progettati e prodotti i GeoDBT sono stabilite dalle norme nazionali. Una volta rispettati tali standard di legge, sono poi possibili (nel caso di Schio e del Protocollo con Vicenza indispensabili) successive modifiche e personalizzazioni, con valore di migliorie tecniche e gestionali. Il Comune di Vicenza ha infatti concepito e realizzato sul proprio GeoDBT una ristrutturazione dell’assetto informativo e di ottimizzazione della struttura dei dati originari che, senza alcuna perdita di informazione, hanno consentito una semplificazione del quadro operativo di tutte le attività ad essi connesse. Di conseguenza, ne risulta più semplice e sostenibile la loro gestione, manutenzione ed aggiornamento; anche in considerazione della loro pubblicazione sul web tramite SitVI 2.0.

Più in particolare le attività riguardano:

- ∞ lo stralcio del modello implementativo del GeoDBT di tipo “Shape Flat” per tutti i vari Strati/Temi/Classi del GeoDBT. Il contenuto informativo di numerose singole Classi del GeoDBT è articolato in una serie di tabelle

plurime. Tale struttura dei dati ne rende eccessivamente complesse, per le risorse di personale e tecniche comunali, la gestione, manutenzione e pubblicazione. Senza compromettere la qualità dei dati con alcuna perdita di informazione, si è reso necessario ridefinire la struttura informativa dei dati geometrici e tabellari del GeoDBT secondo un assetto unitario; aggregando opportunamente gli attributi descrittivi dei vari singoli contenuti, originariamente distribuiti su più tabelle collegate fra loro tramite joins

- ∞ la derivazione del nuovo livello informativo “Edifici”, ottenuto dai Temi/Classi dello Strato “02 – Immobili ed antropizzazioni” del DBT. In aggiunta a quanto descritto al punto precedente, l’attività prevede anche la creazione di nuove geometrie areali corrispondenti ai volumi edilizi finalizzati alla gestione ecografica degli accessi/Numeri Civici. I lavori richiedono quindi:
 - la suddivisione geometrica dei poligoni/edifici rappresentati come unici che, anche se edificati in aderenza fisica (cortine edilizie di antico/recente impianto nei centri storici/contrade, bifamiliari o case a schiera nelle zone di espansione o altro) identificano corpi edilizi da gestire come elementi distinti ai fini della gestione ecografica/Numerazione Civica georeferenziata
 - l’accorpamento delle geometrie multipoligono adiacenti nel caso di edifici costituiti da corpi edilizi/volumetrici distinti ma unitari ai fini della gestione ecografica/Numerazione Civica
 - i volumi edilizi originariamente classificati come “edifici minori” vengono redistribuiti nella nuova classe “Edifici” o in altre classi, in base alla loro rilevanza edilizio/urbanistica
 - assegnazione del codice ecografico ad ogni elemento della nuova Classe “Edifici”
2. derivazione di nuovi livelli informativi a partire dal GeoDBT

- ∞ creazione del nuovo livello informativo semplificato dello Stradario Comunale, finalizzato alla gestione ecografica degli accessi/Numeri Civici e conforme alle normative ISTAT vigenti. A partire dalla Classe AR_STR del GeoDBT, viene creato un livello informativo semplificato dello stradario comunale dedicato alla ecografica/Numerazione Civica georeferenziata.

Aspetti informatici ed infrastrutturali del Progetto SIT

Per ottimizzare le diverse risorse (umane, tecniche, economiche e quant’altro) e massimizzare i risultati sono state approntate le seguenti condizioni operative:

1. impiego di sw open source lato DB (PostgreSQL/PostGIS) e lato desktop (QGIS). I geodati di Schio vengono archiviati attualmente nel DB del Comune di Vicenza, dal quale vengono poi direttamente pubblicati su SitVI 2.0 tramite GeoServer
2. linea VPN Vicenza-Schio (realizzata da Pasubio Tecnologia s.r.l.) che connette i due Comuni; tale soluzione permette il trasferimento dei geodati ed il loro editing in tempo reale tramite QGIS su DB PostGIS direttamente nel DB PostgreSQL/PostGIS del Comune di Vicenza.

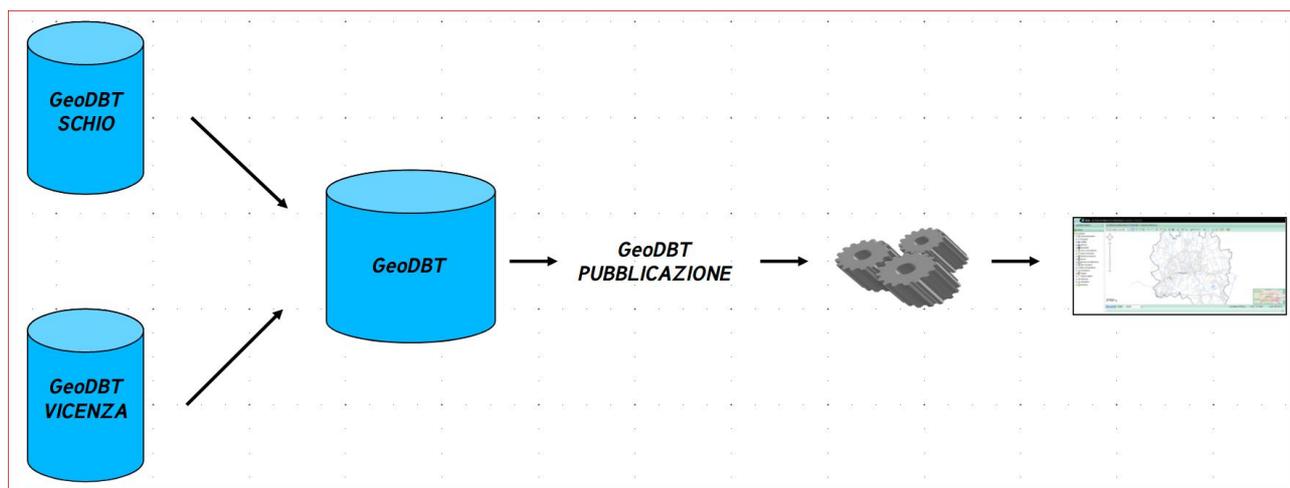


Fig. 1. Schema sintetico dell’architettura del GeoDBT

Il GeoPortale SitVI 2.0 ed i geodati del Comune di Schio

Per ospitare e pubblicare i dati del Comune di Schio, il GeoPortale SitVI 2.0 è stato opportunamente adattato, mantenendo tutte le proprie riconosciute funzionalità. Per consentire una immediata consultazione dei geodati del Comune di Schio

distinta da quella di Vicenza, è stata realizzata una apposita URL (<http://sit.comune.schio.vi.it/SitVI/vicenza/index.php?c=sc>) che punta direttamente al territorio schioldese.

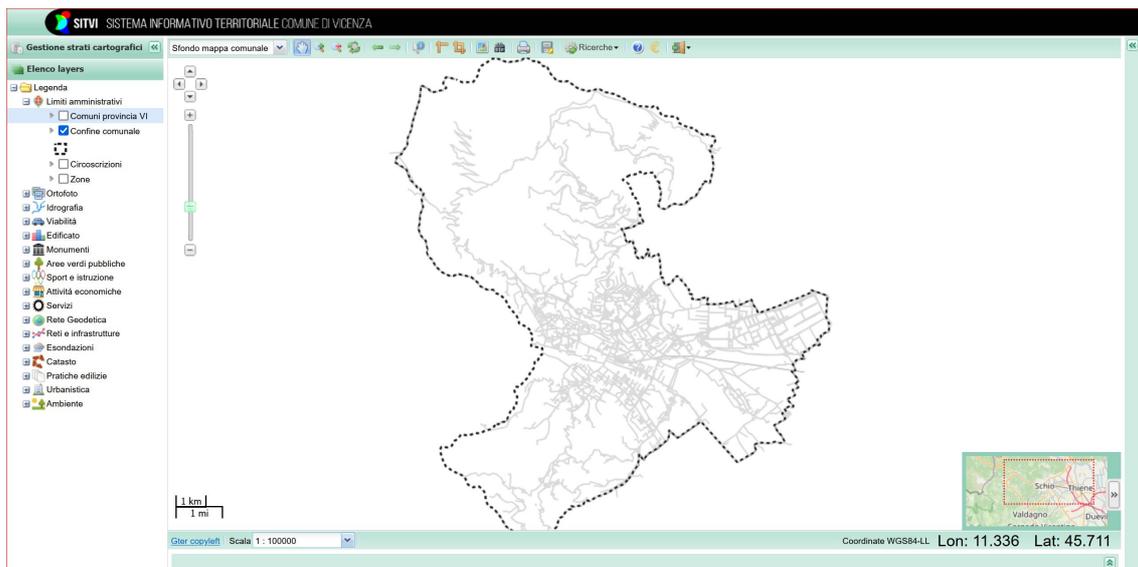


Fig. 2.
SitVI
2.0:

schermata iniziale sul territorio del Comune di Schio

In funzione degli iniziali geodati del Comune di Schio già ottimizzati e quindi pubblicati su SitVI 2.0, si possono già verificare i primi risultati del progetto e come immediato ed evidente riscontro, SitVI 2.0 consente principalmente il conseguimento di alcuni elementi di primaria importanza:

1. la restituzione della continuità territoriale, benché i territori dei Comuni di Vicenza e di Schio non siano geograficamente adiacenti

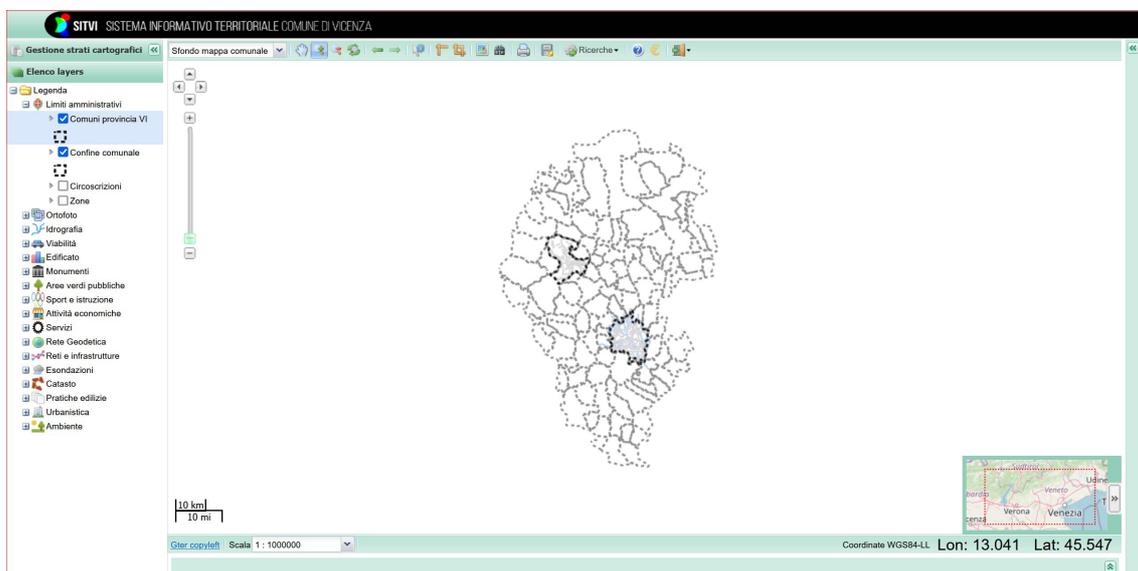


Fig. 3.
SitVI
2.0:

continuità territoriale dei Comuni di Vicenza e di Schio nel contesto del territorio della Provincia di Vicenza

2. la fruizione dei suoi potenti motori di ricerca, uno dei principali punti di forza di SitVI 2.0. Fra questi spicca, anche per i geodati di Schio, la Ricerca Territoriale che permette la ricerca spaziale/geometrica (e la conseguente estrazione in vari formati di open data e la stampa, nonché altre importanti funzionalità) di informazioni all'interno di un'area regolare o irregolare.

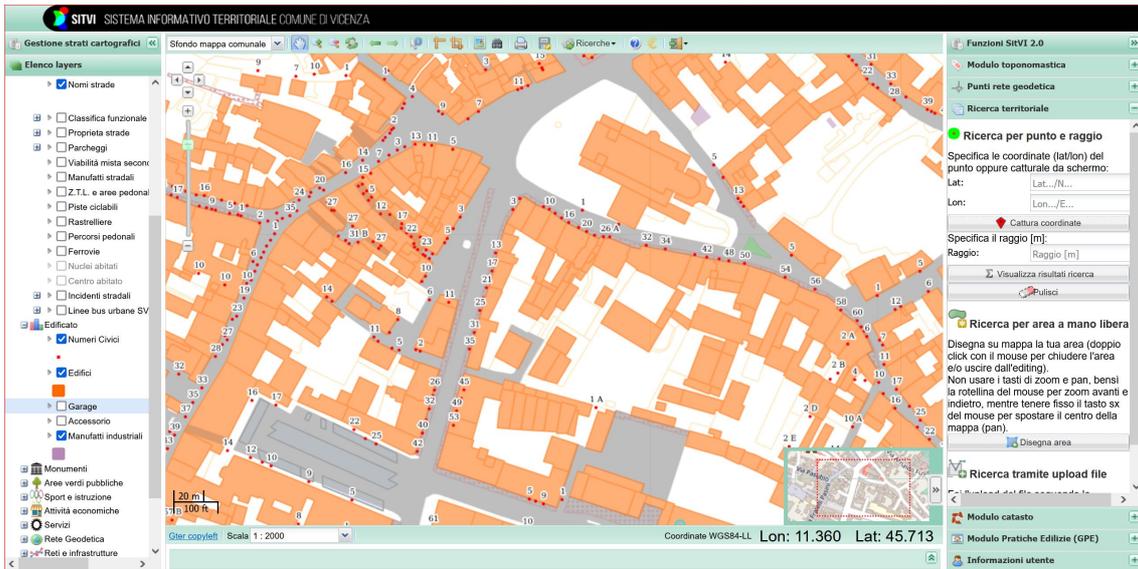


Fig. 4. SitVI 2.0: il motore della

Ricerca Territoriale

RICERCHE TERRITORIALI	
COMUNE DI SCHIO	
POPOLAZIONE	
Famiglie: 14	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Residenti: 37	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
IDROGRAFIA	
Acquedotti: 0 mq	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Depositori: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Idrografia: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
VIABILITÀ	
Ferrovie: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Parcheggi: 8	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Piani ciclabili: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Strade: 17	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
EDIFICATO	
Edifici: 203	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Monumenti: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Numeri civici: 103	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Pratiche Edilizie: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Strutture residenze: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
SERVIZI	
Accoglienza: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Area verdi: 28	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Attività commerciali: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Carabinieri: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Esposizioni (novembre 2010): 0 mq	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Farmacie: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Famucoschi - Estetisti: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Pubbl. esercizi: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Santa: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
scuola Infanzia: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
scuola Nido: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
scuola Primaria: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
scuola Secondaria I: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
scuola Secondaria II: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
scuola Università: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Servizi privati: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Servizi pubblici: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Sport: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Strutture Espositive: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Strutture Meccaniche: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Strutture religiose: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Strutture silenziosità: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Strutture Sileziopatia: 0	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
CATASTO	
Catasto fabbricati: 112	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF
Catasto terreni: 122	- Export in: [D] osv - ESRI Shapefile - KMZ - Autocad DXF



Fig. 5. SitVI 2.0: la restituzione di una Ricerca Territoriale

Considerazioni e conclusioni

L'esperienza maturata da parte del Comune di Vicenza, già estesa con successo al Comune di Schio, ha già superato la fase iniziale della sperimentazione e punta ad una più ampia espansione e messa a sistema. Essa dimostra nel concreto la validità e l'espandibilità di tale metodica ad altri Enti Territoriali, che adottando tale percorso organizzativo ed operativo, improntato su alcuni irrinunciabili capisaldi fondativi qui sopra accennati, possono realizzare importanti economie di scala. Abbattere drasticamente i costi ed i tempi e massimizzare i risultati attesi, grazie agli incisivi contributi della Regione del Veneto e del Comune di Vicenza, per il SIT del Comune di Schio sono realtà. In una congiuntura così critica,

in tal modo si possono liberare importanti e preziose risorse in capo agli Enti per dedicarle alla produzione ed all'aggiornamento di dati qualitativi.

Mai come ora, anche per i Comuni, vi è una così forte domanda di servizi e di open data da parte dei diversi Soggetti operanti sui territori. Almeno l'80% delle informazioni impiegate dai Governi Locali e dalle Pubbliche Amministrazioni sono di tipo geospaziale. Restituire la naturale continuità territoriale, superare le delimitazioni/frammentazioni amministrative comunali e valorizzare i propri giacimenti informativi per offrire servizi, significa offrire risposte significative e concreti Strumenti di Supporto alle Decisioni. Sono traguardi alla reale portata anche degli Enti Territoriali medio-piccoli e non più esclusiva prerogativa dei Capoluoghi con risorse necessariamente più ampie e strutturate.

Lo scenario attuale ed evolutivo è complesso ma ricco di opportunità per le Amministrazioni e gli Enti che intendono adottare un modello come quello esposto; che si pone come anzitutto necessario, sostenibile e oggi non più differibile.

Per l'estensione concreta di tale modello, rimane decisivo il ruolo di regia e di armonico coordinamento che potranno dispiegare le Regioni ed i Comuni che ne hanno già sperimentato la validità.

Riferimenti bibliografici

1. Catalogo dei Dati Territoriali – Specifiche di contenuto per i Database Geotopografici – Allegato A al D.M. 10/11/2011
2. Berti E., Ardini R., Il Geodatabase da comunale a intercomunale, Atti 24^a Conferenza Nazionale ASITA 2021

Participatory mapping for integrating ecosystem services valuation in fire risk assessment: a methodological proposal from an Italian alpine valley case study.

Ingrid Vigna¹

¹ Interuniversity Department of Regional and Urban Studies and Planning (DIST), Politecnico di Torino & Università di Torino, 10125 Torino, Italy, ingrid.vigna@polito.it

Abstract. Climate change and rural abandonment are exacerbating fire risk in alpine valleys. The analysis of the local socio-ecological system dynamics and of the community's perspective is crucial in the assessment of fire risk. This work presents the proposal of a methodology to map fire risk through the involvement of local stakeholders in a multi-step participatory approach, which is currently being tested in an alpine case study. The methodology focuses on the risk of losing cultural ecosystem services, combining quantitative analysis with interviews, game sessions and participatory mapping. The results couple the cartographic output with social learning and insights for guiding the future development of community shared prevention strategies.

Parole chiave: Fire risk assessment, participatory mapping, cultural ecosystem services

1 Introduction

Forest fires are increasingly threatening the ability of forests to provide a wide range of ecosystem services in several regions of the world, such as Mediterranean Europe, due to higher temperatures and dryer conditions. In alpine valleys, rural abandonment also contributes to exacerbating fire risk, especially concerning big fire events. The natural reforestation of pasture areas and the general lack of forest and land management enhance the territory's flammability. Since the interaction of climate, ecological and socio-economic factors shapes fire risk, a socio-ecological system (SES) approach is needed to address the issue [1]. SES models are systemic frameworks specifically developed for the analysis of the interactions between humans and nature. They imply the characterization of a comprehensive structure delimiting a particular ecosystem and problem context [2] and the integration of the typical quantitative data of ecological sciences with the qualitative data of social science [3].

Moreover, sustainable fire risk mitigation strategies must take into account the specific needs and concerns of local contexts, rely on a robust assessment of the risk, and be integrated into local land management plans. The involvement of the local community, therefore, is an essential step. The local community's direct experience on the issue, through everyday interaction with the ecosystem over a long period, and its knowledge about ongoing socio-economic dynamics and hidden conflicts make it an essential source of information [4,5]. Understanding stakeholder's perception is also

crucial for anticipating barriers to risk adaptation and mitigation actions [6] and assure public collaboration [7]. The common definition of the problem helps build consensus about the management plan and promote effective solutions [8]. However, as far as we know, a clearly defined and replicable methodology for the involvement of the local community in fire risk analysis and in the definition of fire management strategies is still missing.

This work presents the proposal of a structured methodology to address wildfire risk assessment through the involvement of local stakeholders in a multi-step participatory approach. The proposed methodology is based on two main pillars. The first pillar is related to the involvement of the local stakeholders not only in the risk assessment process but also in the analysis of local constraints, needs, expectations, and traditional shared knowledge. The purpose is to assure the equity of the process and the adaptation of the results to the characteristics of the specific local context, taking into account local socio-economic dynamics and challenges. Therefore, this work proposes a methodology for the involvement of the local community based on a role-playing game, inspired by the Companion Modeling approach [9]. The serious game approach, coupled with an agent-based model (ABM), is used as a facilitating instrument for understanding and representing the local SES dynamics, communicating them to the involved stakeholders, and discussing priorities, constraints and outcomes of forest and pasture management at a local scale. This also allows the development of a new general awareness of the issue and a shared vision of the problem among local stakeholders, which is indispensable to conceive mitigation strategies in the future.

Second, prevention strategies are generally targeted at the protection of human lives and the safety of infrastructures. However, we argue that the importance of Forest Ecosystem Services (FESs) for the well-being of the population requires considering the possible loss of the ability of forests to provide them in the definition of wildfire risk. Therefore, we propose a methodology for wildfire risk mapping which takes FESs as a reference in the definition of risk. We here focus specifically on cultural FESs, which are often overlooked in this type of evaluation and whose importance for our well-being was highlighted by the movement restrictions put in place during the Covid 19 pandemic period in almost every state in the world. We propose to carry out a socio-culture evaluation [10], mapping cultural FESs distribution through a participatory mapping technique.

This methodological proposal is being tested in a South-Western European Alpine valley. The first steps of the work have already been implemented. These regard the assessment of fire hazard and vulnerability, the involvement of local stakeholders through interviews and the development of the ABM role-playing game, as described in the second chapter of this paper. The analysis of the results of the game sessions and the implementation of the participatory mapping protocol still need to be completed. However, some preliminary results and the analysis of the general structure of the methodology allow us to discuss the strengths and limits of this proposal in the third chapter, where the main conclusions are also presented.

2 Case study

The methodology proposal is being tested in Valchiusella, a mountain valley of 14 258 ha located in northern Italy (see Fig. 1).

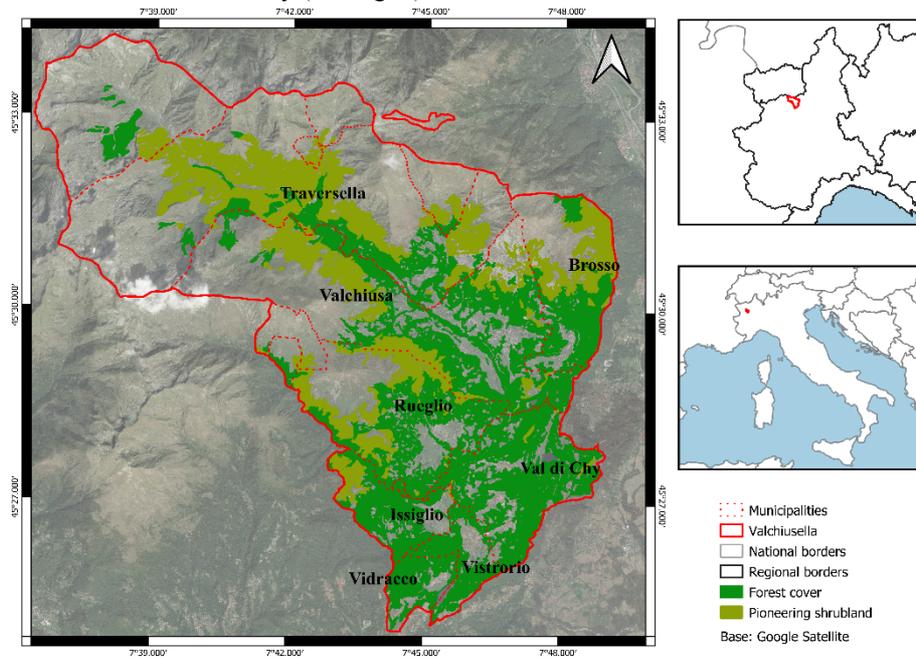


Fig. 1. Map of the study area, Valchiusella, a South-Western European Alpine valley (author's own production based on regional data on forest cover¹).

The altitude of the valley ranges between approximately 400 m for the lower valley villages and 2800 m for the highest peaks. Its main river, Chiusella, gives the name to the valley. Eight municipalities are present (Brosso, Issiglio, Rueglio, Traversella, Valchiusa, Val di Chy, Vidracco and Vistrorio), for a total population of 5237 inhabitants on the 1st January 2020². However, the population has been affected by a negative trend since the end of the nineteenth century. This phenomenon is common in many mountain rural areas in western Europe, because of the abandonment of traditional farming in remote areas due to the development of industrial activities and the mechanisation of agriculture in more fertile and accessible lands [11].

The climate of the area is characterized by humid springs and autumns, and dry winters, with a mean annual total amount of precipitation around 1400 mm. According to the regional data on past fires³, the distribution of fire events across the year is in line with the precipitation distribution. There is a predominance of fires during winter, which is the vegetative rest season, with peaks in March and in October.

¹ Data available at: http://www.sistemapiemonte.it/popalfa/jsp/ricerca_pop/home.do

² Data available at: <http://dati.istat.it/>.

³ Data available at: <http://www.geoportale.piemonte.it/geocatalogorp/>.

3 Methodological proposal

The methodology proposed in this work relies on the definition of risk provided by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Wildfire risk is therefore intended as the result of three different factors: hazard, exposure and vulnerability [12]. These factors are analysed concerning their spatial distribution (Fig. 2).

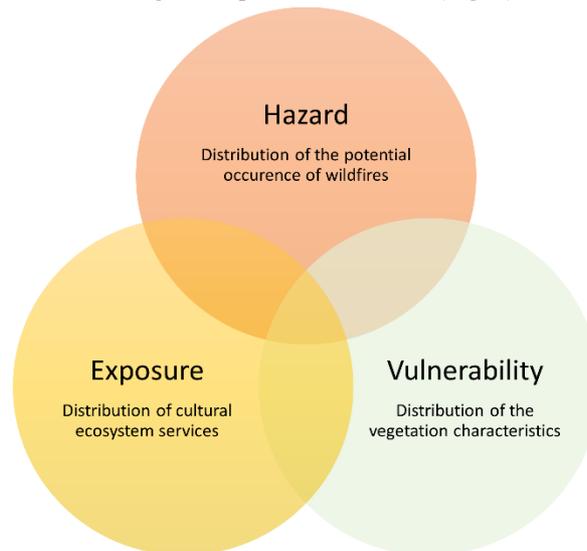


Fig. 2. The three components of wildfire risk as defined in this work.

The hazard is defined as the potential occurrence of wildfires, while the exposure represents “the presence of people; livelihoods; species or ecosystems; environmental functions, services, and resources; infrastructure; or economic, social, or cultural assets in places and settings that could be adversely affected” [13]. Here we decided to focus on the risk for the ecosystem of losing the ability to provide ecosystem services because of a fire event. The exposure factor, therefore, is represented by the presence of the selected ecosystem services on the landscape. Vulnerability is defined as the propensity or predisposition of an element to be adversely affected [13]. It is here referred to as the predisposition of the ecosystem to lose the service provision capacity because of the fire passage. This factor is strictly linked to the vegetation characteristics of the landscape.

Hazard, exposure and vulnerability are analysed and mapped as separated factors and finally combined. Different approaches are integrated, as summarized in Fig. 3. Step 1 constitutes the technical analysis of fire hazard through software simulations. Step 2 refers to the evaluation of the vulnerability based on the characteristics of the different kinds of vegetation. Steps 3, 4 and 5 are related to the involvement of the local stakeholders in a participatory process, while Step 6 aims at mapping the distribution of cultural ecosystem services according to their perception. Finally, Step 7 refers to the combination of hazard, vulnerability and exposure for the definition of a wildfire risk map.

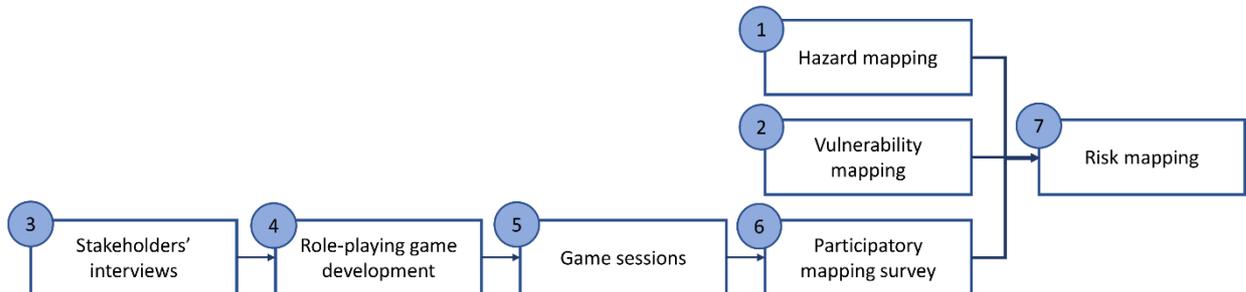


Fig. 3. Schematic representation of the methodological proposal.

3.1 Hazard mapping

The assessment of fire hazard is carried out with the support of FlamMap, a software for wildfire behaviour simulation [14]. FlamMap simulations require a certain amount of spatial information about the flammability and characteristics of the vegetation, the topography and the climate conditions.

For the Valchiusella case study, the information from the regional forest map, integrated with the high-resolution data on species distribution provided by the local forestry consortium, is used for the definition of the fuel models map for the area [15]. The regional digital terrain model, the regional digital surface model and the Copernicus tree canopy cover are used as supplementary input information for the landscape characterization. The medium conditions of humidity and wind are used for the simulation, based on the analysis of the data collected during the period 1990-2020 by the nearest meteorological station, located in Borgofranco d'Ivrea, which is about 3 km outside the study area. The uphill wind direction is selected, while the D2L1 moisture scenario is chosen [15]. This represents usual conditions for the area during fire season.

600 wildfires are simulated by the software, starting from 600 ignition points randomly located in a 200 m buffer around local roads. The burnt areas and fire intensities generated by the simulation for the 600 fires are combined for defining a burnt probability and a potential fireline intensity for each pixel (5 m x 5 m) of the map. The two data are then combined and standardized from 0 to 1 to obtain the estimated hazard for each pixel.

3.2 Vulnerability mapping

The methodology followed for the definition of the vulnerability mapping relies on the definition of vulnerability used by the regional plan for forecasting, prevention and fighting against forest fires (regional AIB plan) adopted by the Piemonte Region for the 2021-2025 period. The plan defines two kinds of vulnerability: a functional vulnerability and an ecological vulnerability. The functional vulnerability is linked to the main function fulfilled by the considered forest area, such as wood provision or hydrogeological regulation. It depends on the compatibility between a fire event and

the ability of the forest to still provide the service. Ecological vulnerability is linked to the stability of the ecosystem, which is defined as a combination of resistance and resilience characteristics. The resistance is the ability of the vegetation to protect itself from fire and maintain its vitality, while the resilience is the ability of the ecosystem to re-establish the conditions preceding the fire event, for example through vegetative regrowth. The plan identifies four classes of ecosystem stability (null, low, medium, and high) and associates one class with each forest category and land use type. Finally, it combines these classes with three classes of erosion risk (low, medium, and high) based on local topography.

In this work, we assume the existence of a strong incompatibility between fire events and all kinds of cultural services. We assume a generally high level of functional vulnerability for all the areas identified as providers of cultural ecosystem services. In this way, we identify the vulnerability factor with the ecological vulnerability alone. Therefore, we map the ecological vulnerability of the valley by adopting the resistance classification and the erosion risk index defined by the Piedmont regional AIB plan⁴, and by standardizing the values obtained from 0 to 1.

3.3 Stakeholders' interviews

The involvement of local stakeholders through semi-structured interviews is the first step of the participatory section of this work. 25 interviews are carried out in Valchiusella, focusing on the perception of local stakeholders in forest and fire management about the health of the forest ecosystem, the impact of wildfires, the role played by forest management and the importance of ecosystem services. The interviewees are chosen among five different categories of people who already had direct experience and thus familiarity with land management, forest management and wildfires issues:

- ∞ Mayors or municipal administrators in charge of land management tasks;
- ∞ Forest firefighter volunteers;
- ∞ Forest workers;
- ∞ Members of local environmental associations;
- ∞ Farmers.

The canvas of the interview is made of a total of 20 questions, structured in four sections:

1. Personal context in relation to the community life and forest management experience;
2. Perception of the health of Valchiusella forests, the link between forest health and human health and the role of wildfires;
3. Perception of the status and the actors of forest management in the valley and ideas for wildfire mitigation strategies;
4. Personal importance accorded to the different forest ecosystem services and the state of their valorisation and conservation.

⁴ See the Piemonte regional AIB plan for more details [16].

A thematic analysis of the answers is applied, to find the main issues and the recurrent topics, and to identify the main actors and natural resources involved in the socio-ecological processes leading to wildfire risk in the valley, such as rural abandonment.

3.4 Role-playing game development

Based on the analysis of the interviews' outcomes, a simplified representation of the local socio-ecological system dynamics involved in wildfire risk is defined. The elements of the system are the following:

1. Actors: the actors directly or indirectly involved in fire risk and forest management in Valchiusella;
2. Resources: tangible and intangible resources of the area linked to land management for fire prevention;
3. Dynamics: main dynamics affecting fire risk and forest management economic sustainability. They can be divided into ecological, economic, sociological and political dynamics;
4. Interactions: interactions between the actors and the resources.

These elements are transformed into the actual elements of a role-playing game, such as the players' roles and actions, the game board, the players' interactions and scenarios. The conceptual model is transformed into an agent-based numerical model, which is the core element at the base of the game. The ABM simulates ecological dynamics and fire events based on land management decisions taken by the players. NetLogo is used for the ABM implementation, as it is the most widely used free agent-based modelling language [17].

3.5 Game sessions

Three game sessions, involving between 7 and 10 players each, are organized in the valley⁵. All three sessions are organized with the support of the major of the municipality concerning both the location and the participants' identification and invitation. The invited participants are local stakeholders of forests, pastures and fire management, in line with the same criteria used for the choice of the interviewees (see "Stakeholders' interviews" subsection). Some of the stakeholders participate both in the interview step and in the game sessions.

The game session is divided in:

- an introductory part, during which the framework and aim of the research are explained, together with the rules of the game;
- the core part, during which the participants play the game. The participants are asked to switch their roles, therefore to "put themselves in the others' shoes", for helping the mutual understanding of each one point of view;
- a final debriefing part, during which the discussion about the links with the game dynamics and the real situations the participants face is stimulated.

⁵ The first session has already taken place in Issiglio, a municipality in the lower section of the valley. One session in Rueglio (central section) and one in Valchiusa (higher section) have not yet taken place at the time of the submission of this work.

A facilitator is in charge of presenting the aims of the meeting, explaining the rules of the game, facilitating the involvement of all the participants and leading the discussion. One informatic assistant is in charge of managing the ABM model, such as translating the choices of the players in inputs for the model and showing the participants the results of the fire simulations in the system represented. One to three observers are in charge of observing and noting the behaviours of the players, their strategies, the references to the real situation they make and the evolution of the discussions.

3.6 Participatory mapping survey

The participatory mapping activity involves the participants of the game session to evaluate the exposure component of the fire risk assessment. The activity focuses on mapping the distribution of the cultural ecosystem services in the valley. The method adopted is part of the so-called Participation Geographic Information System (PGIS), which has been typically implied in rural areas of developing countries to build social capital, collecting information through non-digital mapping technologies among a selected sample of local stakeholders [18]. PGIS has been increasingly used to collect information about ecosystem services based on local knowledge and is particularly suitable for cultural ecosystem services, whose benefits are often less tangible and therefore much more difficult to locate and quantify [19,20].

The participatory mapping activity is carried out through personal interviews with the stakeholders already involved in the other steps of the research, therefore here considered experts. A hardcopy map of the valley is furnished in a large size to the interviewee. A satellite image from Google Earth is used as a base map and important features, such as rivers and main roads, are highlighted to make it easier for the respondent to orientate himself on the map. The respondent is asked to identify up to 5 places for each category, corresponding to:

- The areas with the higher touristic potential;
- The areas with the higher aesthetic value;
- The most representative areas of the valley, which are linked to its identity.

The respondent is asked to place a round piece of paper with a predefined size on each of the chosen areas. He is also asked to give a value to the place, ranging from 1 (slightly important) to 5 (very important). The value is associated with the corresponding circle.

The answers of all the respondents are combined in a Geographic Information System (GIS) environment by summing the values of the overlapping circles for each category for each pixel of the map. The values are then standardized from 0 to 1.

3.7 Risk mapping

The fire risk map is finally produced by combining the standardized hazard map, vulnerability map and exposure map through the multiplication of their values for each pixel in a GIS environment.

4 Discussion and conclusion

This work provides a methodological proposal for integrating the evaluation of cultural ecosystem services into the assessment of wildfire risk. The issue is approached by combining quantitative and qualitative analysis and by involving the local stakeholders in a participatory process. The methodology steps are structured around the IPCC definition of risk, which makes this approach replicable also for other kinds of risk.

As mentioned in the Introduction section, the methodology is being tested in Valchiusella, an Italian alpine valley. The process has not been concluded at the moment of the submission of this paper. However, the preliminary results and the analysis of the principles on which the methodology is based allow us to make some considerations about its strengths and limits.

First, the quantitative evaluation of hazard is based on internationally recognised techniques and instruments, specifically developed for the assessment of fire risk. This constitutes a solid base on which the following steps are developed. The quantitative evaluation of vulnerability is based on the official institutional framework adopted in the region of the case study. This makes the procedure comparable with the regional analysis and makes it possible to integrate the results into local policies for fire risk prevention.

The long participatory process, involving interviews, game sessions and participatory mapping activities, makes the results specifically tailored to the local territory. Socio-economic dynamics, land management issues and local stakeholders' expectations are discussed and taken into account. Therefore, the outcome of this methodology is not limited to the wildfire risk map, but involves also the insights and suggestions that emerged during the public discussion. These are very helpful for guiding the development process of prevention policies and integrated fire management strategies, as well as to make them accepted by the local community and thus effective. Moreover, as observed during the game session already performed for the case study of this work, the often-contrasting opinions of the different stakeholders can be discussed by the participants during the game sessions, enhancing mutual understanding and social learning. These are fundamental for the development of community shared strategies.

However, the methodology here proposed is quite complex, since it involves very different expertise: FlamMap and general GIS skills, interviews design and conduction competencies, ABM coding abilities, game design, participatory mapping experience and focus groups facilitation competencies. This factor, in addition to the high amount of time needed to apply all the proposed steps, reduces the replicability of the entire methodology for analysis at larger scales than the case study here proposed. However, we suggest the possibility to adapt it to different contexts and constraints by applying only some steps. These should be chosen based on local needs, stakeholders' expectations and researchers' previous knowledge of the context. The interview step, for example, could be superfluous in the case of a deep awareness of local SES dynamics on the part of researchers, and the hazard and vulnerability assessments could be substituted by already existing analysis for the area.

In conclusion, the Valchiusella case study constitutes a pilot project for testing the methodology here proposed. Once the procedure will be completed, it will be possible to assess in more detail two aspects: on the first side, its ability to integrate qualitative and quantitative results for producing valuable information and guidelines for the development of land management policies in the framework of wildfire risk mitigation strategies; on the other side, its capacity to successfully involve local stakeholders, thus integrating local community needs in the guidelines produced and enhancing the development of a local collective critical and proactive thinking about these issues.

References

1. Ager, A.A., Kline, J.D., Fischer, A.P.: Coupling the Biophysical and Social Dimensions of Wildfire Risk to Improve Wildfire Mitigation Planning. *Risk Anal.* 35, 1393–1406 (2015).
2. Glaser, M., Krause, G., Ratter, B.M.W., Welp, M.: *Human-Nature Interactions in the Anthropocene: Potentials of Social-Ecological Systems Analysis*. Routledge (2012).
3. Schlüter, M., Müller, B., Frank, K.: The Potential of Models and Modeling for Social-Ecological Systems Research: The Reference Frame ModSES. *Ecol. Soc.* (24), (2019).
4. Folke, C.: Traditional Knowledge in Social–Ecological Systems. *Ecol. Soc.* (9), (2004).
5. Berkes, F., Colding, J., Folke, C.: Rediscovery of Traditional Ecological Knowledge as Adaptive Management. *Ecol. Appl.* (10), 1251–1262 (2000).
6. Dessai, S., Sims, C.: Public Perception of Drought and Climate Change in Southeast England. *Environ. Hazards* (9), 340–357 (2010).
7. Stoutenborough, J.W., Vedlitz, A. Public Attitudes Toward Water Management and Drought in the United States. *Water Resour. Manag.* (28), 697–714, (2014)
8. De Stefano, L., Hernández-Mora, N., Iglesias, A., Sánchez, B.: Defining Adaptation Measures Collaboratively: A Participatory Approach in the Doñana Socio-Ecological System, Spain. *J. Environ. Manage.* (195), 46–55 (2017).
9. Ruankaew, N., Page, C.L., Dumrongrojwattana, P., Barnaud, C., Gajaseni, N., Paassen, A. van, Trébuil, G.: Companion Modelling for Integrated Renewable Resource Management: A New Collaborative Approach to Create Common Values for Sustainable Development. *Int. J. Sustain. Dev. World Ecol.* (17), 15–23 (2010).
10. Velasco-Muñoz, J.F., Aznar-Sánchez, J.A., Schoenemann, M., López-Felices, B.: An Analysis of the Worldwide Research on the Socio-Cultural Valuation of Forest Ecosystem Services. *Sustainability* (14), 2089 (2022).
11. MacDonald, D., Crabtree, J.R., Wiesinger, G., Dax, T., Stamou, N., Fleury, P., Lazpita, J., Gibon, A.: Agricultural Abandonment in Mountain Areas of Europe: Environmental Consequences and Policy Response. *J. Environ. Manage.* (59), (2000).
12. Cardona, O.-D., van Aalst, M.K., Birkmann, J., Fordham, M., McGregor, G., Perez, R., Pulwarty, R.S., Schipper, E.L.F., Sinh, B.T.: Determinants of Risk: Exposure and Vulnerability. In: *Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA (2012).
13. Shukla, P. R., Skeg, J., Buendia, E. C., Masson-Delmotte, V., Pörtner, H. O., Roberts, D. C., ... & Malley, J.: *Climate Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*, (2019).

14. Finney, M.A.: An Overview of FlamMap Fire Modeling Capabilities. *Fuels Manag. Meas. Success Conf. Proc.*, 213–220 (2006).
15. Scott, J.H., Burgan, R.E.: Standard Fire Behavior Fuel Models: A Comprehensive Set for Use with Rothermel's Surface Fire Spread Model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station (2005).
16. Ricaldone, C., del Negro, L., Murru, A., Gottero, F., Terzuolo, P.G., Giovannozzi, M., Saggese, V., Ascoli, D., Garbarino, M., Marzano, R.: Piano Regionale per la programmazione delle attività di previsione, prevenzione e lotta attiva contro gli incendi boschivi 2021-2025 (2021).
17. Wilensky, U., Rand, W.: *An Introduction to Agent-Based Modeling: Modeling Natural, Social, and Engineered Complex Systems with NetLogo*. MIT Press, Cambridge, United States (2015).
18. Brown, G., Fagerholm, N.: Empirical PPGIS/PGIS Mapping of Ecosystem Services: A Review and Evaluation. *Ecosyst. Serv.* (13), 119–133 (2015).
19. Ridding, L.E., Redhead, J.W., Oliver, T.H., Schmucki, R., McGinlay, J., Graves, A.R., Morris, J., Bradbury, R.B., King, H., Bullock, J.M.: The Importance of Landscape Characteristics for the Delivery of Cultural Ecosystem Services. *J. Environ. Manage.* (206), 1145–1154 (2018).
20. García-Díez, V., García-Llorente, M., González, J.A.: Participatory Mapping of Cultural Ecosystem Services in Madrid: Insights for Landscape Planning. *Land* (9), 244 (2020).

Geopaparazzi-based participatory sensing tool used to monitor marine litter: from USA to Kenya

Domenico Vito¹, Carol Maione^{1,2}, Gabriela Fernandez^{1,2}, Pauline Owiti³

¹ Metabolism of Cities Living Lab (MOC-LLAB),
Center for Human Dynamics in the Mobile Age (HDMA), San Diego State University
San Diego, California, USA

² Department of Geography, San Diego State University
San Diego, California, USA

³ The Polly Foundation, Siaya, Kenya

domenico.vito@polimi.it, carol.maione@polimi.it, gfernandez2@sdsu.edu,
paulineowiti@protonmail.ch

Abstract. Monitoring plastic flows is crucial for the identification and quantification of the amount of pollutants that are permitting the marine system and to assess the ecological impacts and dislocated effects of plastic use and consumption. Tracking plastic at sea requires a combination of sampling approaches and datasets, as multiples are the sinks and the dynamics of the plastic inputs to the marine environment [1]. Novel approaches to marine data collection are increasingly involving citizen science and crowdsourcing, especially in areas with limited data and monitoring capacity. A prominent applied methodology includes participatory sensing methodologies to exchange data through the collaboration of mobile users, thus obtaining a direct mechanism with individuals [2], that use mobile devices to form sensor networks and enable interactive, participatory involvement of public and private users to collect, analyze and share local knowledge [3].

In this study, the results of a participatory sensing application tool are applied in two case studies: (i) Imperial Beach, San Diego (California, USA) and (ii) Dunga Beach, (Kisumu, Kenya). Our research involved local groups (students, children, and volunteers) to map and visualize marine litter using the mobile app Geopaparazzi (by Hydrologis®). This tool allows users to develop fast qualitative technical and scientific surveys [4]. The sorting protocol provides the in-situ assessment and quantification of plastic litter via litter counting through visual inspection of debris, and litter separation by material type, and debris classification. Our work involved local community groups of students, professors, children, youth and volunteers aged 10-65 years old to map marine litter using the mobile app Geopaparazzi, to develop fast hybrid quantitative/qualitative, technical, and scientific surveys. The sorting protocol provides the in-situ assessment and quantification of plastic litter via litter counting through visual inspection of debris, and litter separation by material type and debris

classification.

Figure 1 and Figure 2 shows the data collected including marine litter amounts (count and weight), marine litter density (kg/transect), field notes, photographic evidence of sampling conditions, and location (GPS coordinates) of the littered transects. Data collected with Geopaparazzi were then combined with transect data collected during the field surveys, and imported into standard WGS84 GIS formats. Finally, we merged our dataset with existing data related to water quality and georeferenced information on the local context to provide a more comprehensive picture of our sampling sites.

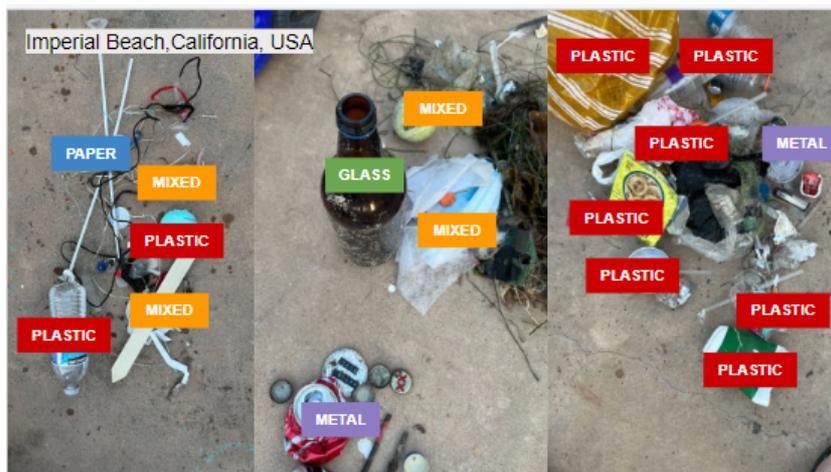


Figure 1. Example of the application of the sorting protocol on the beach litter collection in Imperial Beach, California, USA

(A)

1. Image note

Timestamp	Sat May 07 11:17:09 GMT+03:00 2022
Latitude	0.04848603125
Longitude	-0.028688044921875
description	Climate Action in Action
pictures of the environment around the note	 <p>IMG_20220507_081719.jpg</p>



(B)

MetaData				Core Dataset							
ID	Date	Time (PT) GMT+3	Site	Latitude	Longitude	Weather conditions	Surveyor	Material	Litter item	Count (N)	
1	05/07/2022	11:17:09	Kisumu, Kenya	0.04848603125	-0.028688044921875	Sunny					
2	05/07/2022	11:17:59	Kisumu, Kenya	0.04848603125	-0.028688044921875	Sunny					
3	05/07/2022	11:19:28	Kisumu, Kenya	0.04848603125	-0.028688044921875	Sunny					
4	05/07/2022	11:23:47	Kisumu, Kenya	0.04848603125	-0.028688044921875	Sunny					
5	05/07/2022	11:25:33	Kisumu, Kenya	0.04848603125	-0.028688044921875	Sunny					
6	05/07/2022	11:27:42	Kisumu, Kenya	-0.1449766667	34.7378183333333	Sunny					
7	05/07/2022	11:28:26	Kisumu, Kenya	-0.1449933333	34.737825	Sunny					
8	05/07/2022	11:30:11	Kisumu, Kenya	-0.1449816667	34.73782833	Sunny					
9	05/07/2022	11:33:12	Kisumu, Kenya	-0.14513	34.737815	Sunny					
10	05/07/2022	11:38:58	Kisumu, Kenya	-0.1450216667	34.73781	Sunny					
11	05/07/2022	11:41:39	Kisumu, Kenya	-0.14496	34.73787167	Sunny					
12	05/07/2022	11:42:25	Kisumu, Kenya	-0.1449566667	34.73786167	Sunny					

Figure 2. A. Geoparazzi app interface. B. Data collection format.

Based on our results, this study provides guidance for industrial stakeholders and policy makers to support strategic interventions on pollution management and evaluate their effectiveness over time.

Keywords. Marine Litter; Citizen Science; Participatory Sensing; Geoparazzi; Imperial Beach; Dunga Beach.

References

1. Topouzelis, K., Papakonstantinou, A., & Garaba, S. P. (2019). Detection of floating plastics from satellite and unmanned aerial systems (Plastic Litter Project 2018). *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 79, 175-183.
2. Goldman, J., Shilton, K., Burke, J., Estrin, D., Hansen, M., Ramanathan, N., ... & West, R. (2009). *Participatory Sensing: A citizen-powered approach to illuminating the patterns that shape our world*. Foresight & Governance Project, White Paper, 1-15.
3. Burke J, Estrin D, Hansen M, Ramanathan N, Reddy S, Srivastava M.B. (2006), Participatory sensing. *Workshop World-Sensor-Web Mob Device Centric Sens Networks Appl*, 117-134
4. Delucchi, L. U. C. A., Antonello, A., & Franceschi, S. (2012). State of the art of Geoparazzi. In XIII meeting GRASS e GFOSS (pp. 1-20).

Il ruolo della formazione universitaria ed extrauniversitaria: la profilazione degli studenti partecipanti ad un esperimento di mappatura

Gian Pietro Zaccomer¹

¹ Dipartimento di Lingue e letterature, comunicazione, formazione e società (DILL),
Università degli Studi di Udine, gianpietro.zaccomer@uniud.it

Abstract. All'interno una batteria di esperimenti controllati – condotta presso l'Università di Udine tramite un geoquestionario predisposto online – si è chiesto di individuare alcuni luoghi della regione Friuli Venezia Giulia. In questo contributo viene proposta una profilazione di poco più di 200 studenti coinvolti ottenuta grazie all'impiego di una procedura di *clustering* per variabili miste e costruita al fine di capire come la formazione acquisita influisca sulla loro capacità di portare a termine il compito di mappatura assegnato.

Parole chiave: Geoquestionari, Friuli Venezia Giulia, Cluster Analysis.

1 Il quadro di riferimento

L'informazione geografica, ossia quella accompagnata da una sua precisa posizione sulla superficie terrestre, ha assunto sempre più importanza non solo a livello di pubblica amministrazione, sia a supporto delle decisioni – integrando spesso il sistema informativo preesistente – sia per una più oculata pianificazione territoriale, ma anche nella sfera privata grazie alla larghissima diffusione dei moderni strumenti digitali che accompagnano le persone nella vita di tutti i giorni. Mai come oggi vi è stata una così ampia conoscenza delle geografie del mondo reale, siano esse anche semplicemente circoscritte ai ristoranti, alle stazioni di rifornimento o ai propri itinerari di viaggio da percorrere con forme di mobilità lenta. Infatti, non di rado tali strumenti implementano funzioni di segnalazione volontaria atti a creare mappe personali per poter organizzare le proprie attività ludiche o professionali. Ma tutti gli utenti sono capaci di sfruttare in ugual modo queste possibilità o il loro impiego è condizionato in una certa misura dalle proprie conoscenze, in particolare da quelle geografiche e informatiche?

Rispetto ad una domanda di ricerca così ampia, questo lavoro focalizza l'attenzione sullo studio del ruolo esercitato dalla formazione, sia universitaria che extrauniversitaria, nella capacità di portare a termine degli esercizi di mappatura proposti a studenti di differenti insegnamenti impartiti presso l'Università di Udine: l'obiettivo è quindi quello di verificare empiricamente se e come la formazione posseduta si inserisca nel processo di composizione dei profili dei partecipanti agli esperimenti e, più in generale, come influisca sulla loro capacità di portare a termine

operazioni di mappatura, azioni che oggi giorno stanno alla base delle funzioni implementate nei moderni strumenti digitali a partire dagli onnipresenti smartphone.

1.1 La linea di ricerca sul rischio e sul degrado del paesaggio

Prima di indirizzare l'attenzione sulla specifica applicazione oggetto di questo lavoro, appare necessario qualificarla come ultimo approfondimento di un più ampio percorso di ricerca derivato dalla diretta partecipazione dell'Università di Udine – tra il 2014 e il 2018 – alla stesura del Piano Paesaggistico Regionale (PPR) del Friuli Venezia Giulia (FVG)¹ il quale ha permesso ai ricercatori coinvolti di intraprendere diverse linee di ricerca [1].

Per quanto riguarda il gruppo dei geografi udinesi, questo ha dato il via, terminato l'impegno del PPR, al “progetto dipartimentale PaRiDe” dedicato a *I paesaggi del rischio e del degrado: dalla percezione, alla rappresentazione e alla territorializzazione. Saperi interdisciplinari e consapevolezze a supporto delle politiche di governo del territorio*. Una delle caratteristiche peculiari di questo progetto era quella di ricorrere a diversi approcci abbracciando una prospettiva multidisciplinare che, oltre a coinvolgere le competenze più strettamente geografiche, faceva anche ricorso a quelle tecnologico-informatiche e a quelle socio-economiche. Se da questo ultimo punto di vista, l'attività di ricerca si è prima di tutto concentrata sull'applicazione degli indicatori compositi in ambito paesaggistico (lavoro raccolto nel volume [2] e, con una chiave di lettura più specifica, in [3]), successivamente l'analisi statistica ha supportato tutte le fasi della ricerca geografica che, con pieno ricorso alle nuove tecnologie, ha coperto un ampio spettro di tematiche riguardanti il rischio e il degrado regionale.

I lavori iniziali hanno riguardato le prime riflessioni sul legame tra la creazione di nuova informazione e la comunicazione della conoscenza prodotta attraverso la cartografia [4], l'analisi preliminare delle potenzialità e dei limiti dell'impiego di mappe integrate in questionari online (da ora in poi richiamati, più brevemente, con il termine di *geoquestionari*) [5], e le possibili azioni che i soggetti, a diverse scale, possono intraprendere per contrastare il degrado [6]. Il quadro d'insieme del progetto PaRiDe è stato restituito nel volume [7] che ha approfondito gli argomenti nell'intento di produrre nuove informazioni e mappe dei luoghi del FVG interessati da situazioni di rischio e degrado. In questo saggio, dopo alcune riflessioni sui concetti teorici di base e una disamina dell'attenzione al degrado nelle politiche regionali, per supportare la fase empirica della ricerca sono state progettate, e portate a termine, quattro diverse indagini che hanno fatto sia uso di *geoquestionari*, ma anche di uno specifico concorso fotografico a cui è seguita una serie di interviste agli autori degli scatti in modo da approfondire alcuni aspetti soggettivi, più qualitativi rispetto a quanto ottenuto dalla mera compilazione dei *geoquestionari*, sulla percezione del degrado.

¹ Tutti i documenti ufficiali del PPR possono essere scaricati dal sito ufficiale: www.regione.fvg.it/rafvfg/cms/RAFVG/ambiente-territorio/pianificazione-gestione-territorio/FOGLIA21/. Ultima visita: 2 maggio 2022.

Alla fine del 2019, il progetto PaRiDe ha visto una sua propaggine attraverso un'ulteriore ricerca dedicata a *La Volunteered Geographic Information (VGI) come strumento per la mappatura e l'analisi dei paesaggi del rischio e del degrado del Friuli Venezia Giulia* che ha permesso di completare e approfondire alcuni aspetti lasciati in sospeso anche se lo scoppio della pandemia ha costretto ad una parziale rimodulazione dei suoi obiettivi. Quindi, sempre nell'intento di studiare i paesaggi del rischio e del degrado, l'attenzione è stata rivolta alle potenzialità della VGI ([8], [9]) e, soprattutto, alle caratteristiche qualitative dei dati da essa prodotti [10]. Infatti, analizzando quelli precedentemente raccolti durante la ricerca, ci si è sempre preoccupati della loro qualità intrinseca chiedendosi se gli utenti siano sempre in grado di fornire segnalazioni di buona qualità utilizzando le mappe interattive online: un primo lavoro di valutazione della loro accuratezza posizionale si trova in [11], ma su questo aspetto si tornerà nel prossimo paragrafo poiché collegato a quanto qui proposto.

Per completare la rassegna dell'ampio lavoro portato a termine in questa linea di ricerca, si segnala tra il 2020 e il 2022 sono stati conclusi ulteriori approfondimenti, alcuni dei quali a maggiore orientamento quantitativo come lo studio dell'influenza della residenza del rispondente sugli elementi mappati sfruttando un approccio statistico non parametrico [12] e l'analisi della percezione del rischio attraverso una tecnica multivariata non lineare [13]. Altri lavori hanno preferito privilegiare un taglio più qualitativo come l'esame degli aspetti geografici del confronto tra il sapere esperto e quello contestuale con particolare riferimento al degrado delle strutture e delle aree militari, all'abbandono e al dissesto idraulico nonché ai siti di cava [14] e, più recentemente, il vaglio delle potenzialità della produzione fotografica personale, soprattutto amatoriale, quale strumento per raccogliere e studiare le percezioni dei cittadini sul degrado del paesaggio [15].

1.2 La batteria di esperimenti controllati

All'interno della ricerca dedicata alla VGI, sulla base delle considerazioni espresse in [11] e seguendo le idee proposte in [16], durante l'anno accademico 2019-20 presso l'Università degli Studi di Udine è stata condotta una batteria di esperimenti controllati in cui si richiedeva ai partecipanti in forma di esercizio – sempre attraverso mappe interattive integrate in un questionario predisposto sfruttando il servizio online Enketo che supporta la cartografia di OpenStreetMap – sia di individuare la posizione di tre diversi luoghi presenti in regione predeterminati dai ricercatori (nella fattispecie: il Castello di Miramare vicino a Trieste, la laguna di Grado e di Marano e il fiume Tagliamento), sia di indicare su base volontaria altri due luoghi in FVG, uno degradato e uno di particolare bellezza, per un totale di cinque esercizi.

Il fatto di aver imposto a priori agli studenti quali luoghi individuare sulla mappa interattiva (attraverso un punto, una linea o un poligono a propri scelta) ha permesso di studiare, oltre alla composizione demografica e alle caratteristiche del loro percorso di studi, l'accuratezza posizionale degli esercizi proposti. I risultati dell'analisi univariata, comprensiva della valutazione dell'accuratezza, sono stati pubblicati in [17] a cui si rimanda direttamente per ogni approfondimento.

Tabella 1. Lista delle variabili contenute nel *dataset*.

Variabile	Descrizione
X_1	Corso in presenza o online
X_2	Genere maschile o femminile
X_3	Studente a tempo pieno o lavoratore
X_4	Residenza in o fuori il Friuli Venezia Giulia
X_5	Conoscenza geografica del Friuli Venezia Giulia: comuni ben conosciuti (numero)
X_6	Frequenza (attuale o passata) di Corsi Informatici Universitari (CIU)
X_7	Frequenza (attuale o passata) di Corsi Informatici Extrauniversitari (CIE)
X_8	Ore al giorno su computer o smartphone
X_9	Ore al giorno su Internet
X_{10}	Utente GIS di qualsiasi tipo: sì o no
X_{11}	Sviluppo di sito Internet: sì o no
X_{12}	Gestione di un blog: sì o no
X_{13}	Contribuzione a piattaforme collaborative a contenuto libero: sì o no
X_{14}	Abilità GIS (numero)
X_{15}	Abilità informatiche (numero)
X_{16}	Condivisione della posizione geografica delle proprie fotografie: sì o no
X_{17}	Condivisione propria posizione geografica: sì o no
X_{18}	Utilità della condivisione delle informazioni geografiche via rete: accordo o disaccordo
X_{19}	Conoscenze universitarie GIS: Livello I (nessuna conoscenza)
X_{20}	Conoscenze universitarie GIS: Livello II (conoscenza solo teorica)
X_{21}	Conoscenze universitarie GIS: Livello III (conoscenza teorica e pratica)
X_{22}	Numero di esercizi completati (escluse le segnalazioni libere): da 0 a 3
X_{23}	Numero di esercizi completati (comprese le segnalazioni libere): da 0 a 5

Sulla base della valutazione proposta in [17], si è poi cercato di verificare empiricamente se sulla capacità di portare a termine gli esercizi proposti avesse influito non solo la volontà degli studenti di cimentarsi con l'utilizzo delle mappe interattive, ma anche le loro conoscenze pregresse, sia teoriche che pratiche, sui *Geographic Information Systems* (GIS). Infatti, questi strumenti presentano difficoltà intrinseche che, per ipotesi, vengono più facilmente superate disponendo almeno di una conoscenza di base dei GIS appresa nei corsi universitari. I risultati ottenuti sono stati presentati nel successivo lavoro [18] che rappresenta il primo tentativo del progetto PaRiDe che mira ad indagare la capacità degli studenti universitari nel portare a termine esercizi che implicano la mappatura dei luoghi attraverso strumenti interattivi.

Ricapitolando, se il *dataset* di Tabella 1 è già stato studiato soprattutto dal punto di vista univariato, focalizzando maggiormente l'attenzione sull'accuratezza posizionale, e dal punto di vista della dipendenza lineare, assumendo come variabile dipendente il numero di esercizi complessivi portati a termine X_{23} , in questo lavoro si intende concludere la sua fase di analisi quantitativa mantenendo ancora un'ottica multivariata, ma impiegando questa volta tecniche utili per classificare, sempre dal punto di vista statistico, gli studenti in specifici *gruppi*, o *cluster*, a cui corrispondono precisi *profili* in termini di caratteristiche, in particolar modo di quelle relative alle loro conoscenze geografiche e informatiche.

2 La profilazione degli studenti

2.1 Un problema di natura multivariata

Per portare a termine un compito di profilazione è prassi ricorrere alla *Cluster Analysis*, ossia ad un insieme piuttosto ampio di tecniche di analisi multivariata volte alla selezione e al raggruppamento delle unità statistiche (in questo caso gli studenti universitari), appartenenti a un campione o a una popolazione, che risultano omogenee – secondo uno specifico criterio – rispetto ad un determinato *dataset* o a una parte di esso [19].

Nel caso qui affrontato esiste una caratteristica dell'insieme dei dati considerato che limita notevolmente le possibilità di scelte tra le diverse tecniche. Infatti, come si osserva facilmente dalla Tabella 1, il *dataset* costruito presenta variabili di natura diversa, sia qualitative nominali e ordinali riferite a modalità di risposta testuali, sia quantitative discrete derivanti da conteggi.

Per risolvere questo tipo di problema, piuttosto comune soprattutto per le necessità di *customer segmentation* del marketing, sulla base del *framework* sviluppato per l'algoritmo BIRCH [20], ideato per ampi *dataset*, in [21] è stato proposto un approccio integrato poiché sia la metrica utilizzata sia l'algoritmo di classificazione fanno riferimento ad un modello probabilistico che permette di considerare simultaneamente variabili di diversa natura. Per ottenere le migliori prestazioni da questo approccio è necessario introdurre alcune ipotesi sulle distribuzioni delle variabili di diversa natura, ma soprattutto quella di indipendenza tra le stesse.

Tale proposta è stata implementata nel software *Statistical Package for Social Science* (SPSS), successivamente acquisito da IBM, attraverso una procedura denominata *TwoStep Cluster Analysis* (TSCA) poiché questa si suddivide in due passi sequenziali [22]. Il primo, definito di *pre-cluster*, riguarda le dimensioni del *dataset* da trattare in quanto serve esclusivamente per scalare il problema di classificazione qualora il *dataset* risulti molto ampio come quelli derivanti dal mondo dei *big data*. Il secondo passo, quello di *clustering* vero e proprio, sfrutta una procedura gerarchica ascendente che, a differenza di quelle classiche, presenta la comodità di individuare automaticamente il numero "ideale" di gruppi; infatti, se nelle procedure gerarchiche classiche la scelta del numero dei gruppi è lasciata all'esperienza del ricercatore, la seconda fase della TSCA permette di individuare il numero ideale di gruppi sfruttando inizialmente l'*Akaike's* (AIC) o, a scelta, il *Bayesian Information Criterion* (BIC) e, successivamente, l'entità della variazione della distanza tra gruppi vicini nell'ipotesi di una loro aggregazione.

Rimane sempre valida la possibilità di impostare manualmente un numero diverso di gruppi, rispetto a quello ideale, poiché spesso diventa necessario considerare, ai fini della ricerca dei profili tipo, un differente livello di aggregazione: in questo caso la soluzione ideale può essere fruttata come punto di partenza per la ricerca di una soluzione pragmatica più facilmente interpretabile dal punto di vista del profilo ricercato, ma che peggiora la qualità dell'operazione di classificazione.

Per completare, dal punto di vista teorico, l'introduzione alle problematiche legate all'impiego della TSCA è necessario tornare al problema delle ipotesi richieste

all'inizio: la manualistica del software [23] afferma che, dato che tali condizioni si presentano difficilmente nella realtà, la procedura implementata nel software si comporta "ragionevolmente bene" anche nel caso di violazioni delle ipotesi, ma viene sempre lasciata alla sensibilità del ricercatore la valutazione dei risultati, ossia il giudicare se quelli ottenuti sono soddisfacenti rispetto alle esigenze di classificazione.

Dal punto di vista pratico è sempre meglio cercare di porsi il più vicino possibile ai dettami teorici: a riguardo del mancato rispetto dell'assunzione sulle distribuzioni poco si può fare poiché i dati sono quelli rilevati con il geoquestionario, invece per quanto riguarda l'ipotesi di indipendenza, a quest'ultima ci può più facilmente avvicinare attraverso una buona selezione delle variabili da considerare soprattutto qualora il *dataset* presenti, al suo interno, un elevato grado di multicollinearità.

2.2 La selezione delle variabili

Quanto appena detto pone il problema di quali variabili individuare per la profilazione, decisione che non può essere delegata all'algoritmo di *clustering* e che, quindi, deve essere basata su un'approfondita analisi della connessione e della correlazione tra le variabili del *dataset*.

Questo tipo di analisi è già stata condotta in [18] che ha messo in evidenza la forte presenza di una ampia multicollinearità all'interno del *dataset* qui utilizzato, ma ora è necessario riconsiderare singolarmente quali sono le variabili fortemente legate tra loro e, quindi, quali devono essere escluse e quali invece andranno a costituire il *subset* da sottoporre alla TSCA.

Proprio nei precedenti lavori [17] e [18] si era già considerato l'influenza dei singoli livelli di conoscenza universitari in ambito GIS sul numero di esercizi svolti, analisi che aveva soprattutto messo in rilievo l'importante ruolo del terzo livello di conoscenza (Liv. III) di tipo sia teorico che pratico. Date le caratteristiche della TSCA, per questo lavoro le variabili dicotomiche X_{19} , X_{20} e X_{21} sono state collasate in un'unica variabile ordinale *LEVEL* che permette di ridurre la dimensione del *dataset* da 23 a 21 variabili, ma le sue relazioni con le altre variabili vanno riconsiderate alla luce di tale trasformazione.

L'analisi delle correlazioni tra variabili quantitative e di connessione tra le variabili qualitative ha messo in relazione il complesso sistema di relazioni tra le stesse. Sulla base di questo sistema sono state selezionate cinque variabili non solo slegate tra loro, ma anche ritenute significative ai fini profilazione qui cercata.

Prima di tutto, per quanto riguarda quelle qualitative, sono state selezionate: *LEVEL* la variabile di livello delle conoscenze universitarie GIS, X_4 il cui valore unitario indica se lo studente è residente in FVG, mentre per X_7 segnala la frequenza, attuale o pregressa, di *Corsi Informatici Extrauniversitari* (CIE). Queste tre variabili qualitative sono risultate non connesse tra loro al 5% secondo il test del chi-quadrato a due code. Guardando al significato di queste tre variabili, si osserva che se la prima e la terza sono legate alla *formazione universitaria e extrauniversitaria* dello studente, la seconda condiziona fortemente la *conoscenza geografica* del FVG del rispondente al geoquestionario poiché essa risulta direttamente legata alla X_5 . Infatti, come già evidenziato in [17], gli studenti di fuori regione conoscono prevalentemente solo il

comune dove è situata la sede universitaria (in questo caso Udine o Gorizia), mentre quelli residenti ne conoscono in media circa 5,5 in più.

Accanto a queste prime tre variabili qualitative ritenute importanti per la profilazione, è stata selezionata, poiché non connessa alle precedenti, la X_{16} che riguarda invece un comportamento dello studente, ossia quello di condividere la posizione geografica delle proprie fotografie postate sui social. Questo tipo di informazione è sicuramente influenzata da altre considerazioni non indagate esplicitamente dal geoquestionario, come quelle legate al rispetto della *privacy*, ma potrebbe tuttavia esprimere una minima capacità nel saper sfruttare le possibilità offerte dalle nuove tecnologie. Pur non essendo questa variabile così rilevante come le precedenti, essa viene comunque considerata ma andrà rivalutata alla luce dei risultati ottenuti dalla classificazione.

Infine, le ultime variabili selezionate sono X_8 , che rappresenta il numero di ore passate al giorno sui dispositivi digitali quali computer o smartphone, e X_9 , che invece rappresenta il numero di ore al giorno che lo studente trascorre navigando in rete: esse risultano decisamente correlate tra loro (0,710). La scelta è quindi ricaduta sulla sola X_9 poiché, pur non essendo stato specificatamente richiesto la motivazione dell'utilizzo di queste tecnologie (per lavoro, studio o svago), questa sembra essere portatrice di un'informazione più circoscritta rispetto alla precedente.

In estrema sintesi, il *subset* selezionato è composto da cinque variabili: *LEVEL*, X_4 , X_7 , X_9 , e X_{16} . Quattro di queste sono qualitative, di cui tre dicotomiche e una ordinale, mentre una è quantitativa: anche la composizione del *subset* è caratterizzata da una presenza di variabili miste e, quindi, è necessario ricorrere alla TSCA.

2.3 La profilazione statistica

Prima di iniziare la descrizione dei profili ottenuti, va subito messo in evidenza che la procedura di TSCA è stata completata progressivamente in modo tale da contemperare il mantenimento della sua qualità con la ricerca del numero ottimale dei profili ottenuti: l'idea di base è quella di non sacrificare troppo questa qualità cercando di ridurre al minimo il numero dei *cluster* ottimali in modo da non doverli poi aggregare ai fini di una loro più facile interpretazione. Seguendo le specifiche tecniche relative alla versione del *software* utilizzato [24], si è selezionata una misura di distanza basata sul logaritmo della verosimiglianza, prescritta nel caso di variabili miste, e l'individuazione automatica del numero ottimale di *cluster* attraverso il criterio basato sul BIC.

Come punto di partenza sono state considerate le tre variabili qualitative che esprimono le conoscenze geografiche e informatiche (*subset* I: *LEVEL*, X_4 e X_7). Successivamente, a questo primo *subset* è stata subito aggiunta l'ultima variabile qualitativa relativa alla condivisione delle coordinate geografiche delle fotografie postate sui social (*subset* II: *LEVEL*, X_4 , X_7 e X_{16}) e, infine, l'unica quantitativa legata alla navigazione in rete (*subset* III: *LEVEL*, X_4 e X_7 , X_9 , e X_{16}) completando l'analisi preliminare: il riepilogo dei risultati ottenuti è mostrato in Fig. 2. In questa figura, oltre al numero di variabili di input e quello ideale dei *cluster* determinato dalla procedura, viene fornita una misura della qualità che si fonda sempre sui criteri di *coesione* (massima similarità tra le unità statistiche all'interno di un gruppo) e *separazione*

(massima diversità tra i gruppi) dei *cluster* ottenuti. Per effettuare la valutazione della qualità si ricorre al *coefficiente di silhouette* che sintetizza, in un'unica misura normalizzata, entrambi i criteri: il suo *range* di variazione è compreso tra -1, che indica la qualità peggiore, e +1 che indica quella migliore [23]. Per una sua agile interpretazione, lo stesso grafico di output segnala con il colore verde che solo per valori superiori a 0,5 la qualità della profilazione può essere ritenuta “buona”.

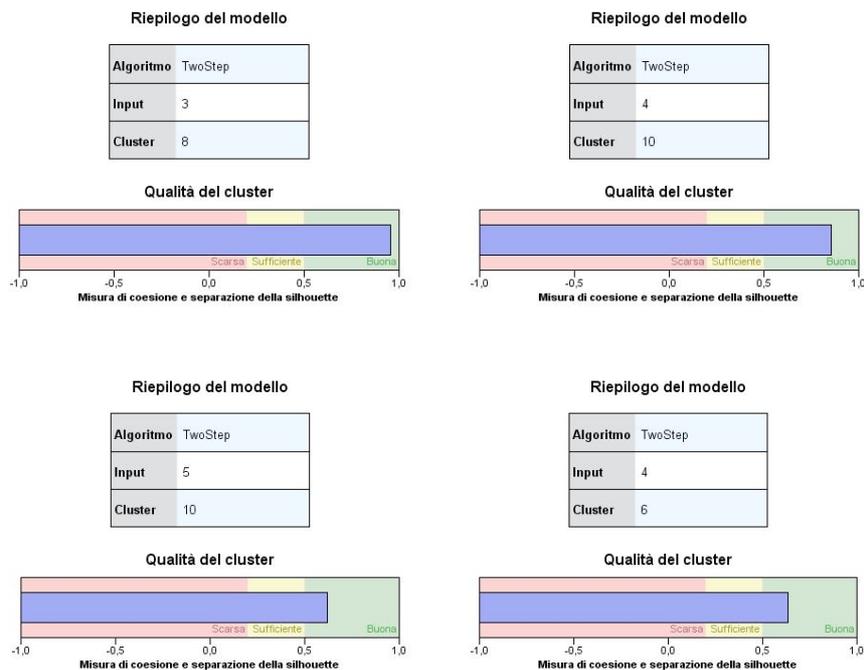


Fig. 2. Riepiloghi delle analisi per il subset I (in alto a sinistra), per il subset II (in alto a destra), per il subset III (in basso a sinistra) e per il subset IV (in basso a destra).

Sempre dalla Fig. 2 è facile osservare che tutti i *subset* esaminati presentano buone misure di silhouette (rispettivamente I: 0,96, II: 0,86 e III: 0,62), ma il numero ideale di *cluster* da interpretare sale da 8 a 10. Per questo si è provato a rimuovere la variabile X_{16} relativa alla condivisione delle coordinate geografiche delle fotografie postate (*subset* IV: $LEVEL, X_4, X_7$ e X_9) per capire se rimuovendo la variabile meno significativa dal punto di vista dell'interpretazione dei profili si ottenesse un'apprezzabile riduzione del numero ideale dei *cluster*: come si vede questo diminuisce a 6 senza compromettere la qualità del cluster poiché il coefficiente di silhouette si mantiene a 0,64.

Prima di iniziare l'analisi vera e propria, è stata praticata una ricerca di eventuali valori anomali per il *subset* IV poiché questi possono condizionare i risultati finali: ne sono stati individuati solo alcuni che, tolti, hanno ridotto la numerosità complessiva a

208 studenti, ma hanno permesso di restringere a 5 i cluster ottimali mantenendo praticamente stabile il coefficiente di qualità (0,63).

La prima valutazione ha riguardato l'importanza di ogni singola variabile nella costruzione dei gruppi: reso unitario il peso della variabile più importante, che secondo la procedura è *LEVEL*, le altre sono state, in ordine decrescente, X_7 (0,77), X_4 (0,75), mentre X_9 è risultata di peso decisamente inferiore (0,09). Per quanto riguarda l'interpretazione dei *cluster*, il software sintetizza i risultati numerici nella Fig. 3.

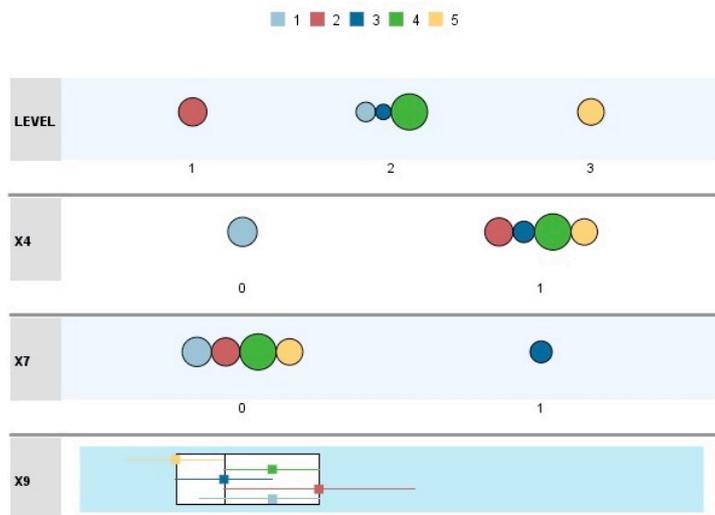


Fig. 2. Output grafico di SPSS per il confronto dei cinque *cluster* individuati dalla TSCA.

In Fig. 3, la concentrazione sulle modalità delle variabili qualitative (dove, si ricorda, per X_4 il valore unitario indica i residenti in FVG, mentre per X_7 coloro che hanno frequentato CIE) sono indicate con dei simboli grafici circolari. Per quanto riguarda l'unica variabile quantitativa X_9 vengono invece riportati i singoli *box-plot*. Dal grafico di output, e dalla lettura di tutte le tabelle *pivot* (i cui valori più rilevanti saranno di seguito proposti nella descrizione dei profili), è possibile profilare i singoli gruppi tenendo conto sin da subito che dall'osservazione dei *box-plot* non sovrapposti della variabile quantitativa, che si rammenta pesare ben poco nella costruzione dei gruppi, si osserva come questa differenzi soprattutto il secondo gruppo dal quinto.

È finalmente possibile individuare i profili dei singoli gruppi. Il *cluster* 5 ricomprende 35 studenti residenti con conoscenze universitarie GIS sia pratiche che teoriche (Liv. III), che non hanno mai frequentato CIE e con un minore tempo trascorso in rete (mediana di 2 ore). All'opposto, il *cluster* 2 è composto da 40 studenti che non hanno nessuna conoscenza universitaria GIS (Liv. I), che non hanno mai seguito CIE e con un maggiore tempo speso navigando in rete (mediana di quasi 5 ore). In questi due primi gruppi è evidente il ruolo esercitato dal livello di conoscenza GIS e dal tempo di navigazione in rete. Se è vero quanto dimostrato in [17] e [18] sul fondamentale ruolo della formazione universitaria, è possibile supporre che se il *cluster* 5 dovrebbe portare

alle migliori performance rispetto agli esercizi completati, il *cluster 2* dovrebbe ottenere risultati decisamente peggiori: la verifica di questa ipotesi sarà presto fornita.

I rimanenti studenti si ripartiscono nei tre gruppi restanti: questi possiedono in gran maggioranza una conoscenza solo teorica dei GIS (Liv. II). Infatti, il *cluster 3* è composto da 24 studenti residenti con una maggioranza di Liv. II (ce ne sono alcuni degli altri livelli), ma che a differenza degli altri studenti partecipanti agli esperimenti hanno tutti seguito CIE: a questo punto ci si può chiedere se questa formazione extrauniversitaria ha avuto un effetto sulla loro capacità di portare a termine gli esercizi proposti. Il *cluster 4* è ancora relativo a 66 studenti tutti residenti del Liv. II che però non hanno seguito CIE, mentre nel restante *cluster 1* sono ricompresi i 43 studenti tutti non residenti con prevalente conoscenza GIS sempre del secondo livello (ma anche in questo caso ci sono alcuni studenti di altri livelli) e che non hanno seguito CIE.

Per risolvere le questioni appena sollevate, si devono ora considerare le medie condizionate al gruppo degli esercizi completati al netto (X_{22}) e al lordo (X_{23}) delle segnalazioni libere. Come atteso si osserva subito che per il *cluster 5*, con conoscenze universitarie GIS sia pratiche sia teoriche, le medie sono 2,43 e 3,34 pro capite, mentre per il *cluster 2*, privo di tali conoscenze, sono 1,45 e 2,20. I valori medi del *cluster 5* rappresentano i massimi per tutti i gruppi individuati e quindi lo qualificano, unicamente rispetto allo specifico aspetto qui studiato, come il “migliore” nel portare a termine gli esercizi di mappatura proposti durante gli esperimenti.

L'aspetto più interessante di questi risultati riguarda il fatto che le medie del *cluster 3*, che identifica unicamente gli studenti che hanno seguito CIE, sono rispettivamente 2,21 e 3,25: queste risultano le migliori prestazioni dopo quelle del *cluster 5*. In altre parole, rimane empiricamente dimostrato il ruolo della formazione informatica extrauniversitaria che permette agli studenti coinvolti negli esperimenti di non farsi intimidire nell'interagire con le mappe interattive pur non avendo frequentato un insegnamento universitario impartito presso un laboratorio GIS.

Infine, i *cluster 4* e *1* presentano risultati non troppo diversi tra loro poiché entrambi composti da studenti del secondo livello, ma dove la migliore conoscenza geografica del FVG degli studenti residenti permette loro di ottenere una performance leggermente più alta in media: rispettivamente 1,55 e 2,39 esercizi pro capite dei residenti del *cluster 4*, contro 1,42 e 2,23 dei non residenti del *cluster 1*. Quest'ultimo gruppo possiede performance molto simili a quelle del *cluster 2*: questi possono essere considerati come i “peggiori” profili rispetto al portare a conclusione gli esercizi proposti.

3 Conclusioni

Nel presente contributo è stato verificato empiricamente, grazie ai dati raccolti attraverso una batteria di esperimenti di mappatura, come la formazione geografica e informatica sia stata inclusa all'interno dei profili generati tramite *cluster analysis* e come questa abbia influito sulla capacità degli studenti coinvolti nel portare a termine gli esercizi proposti dai ricercatori. Più precisamente, il ruolo della formazione universitaria in ambito GIS è risultata di fondamentale importanza anche per la formazione dei gruppi, ma l'aver seguito corsi informatici extrauniversitari è risultato

di particolare rilievo soprattutto per quegli studenti che possiedono una conoscenza solo teorica dei GIS. Non sorprende quindi che gli studenti che non vantano nessuna delle due formazioni appena citate hanno dimostrato una minor capacità nel saper interagire con la mappa interattiva integrata nel geoquestionario.

Le informazioni raccolte durante questa batteria di esperimenti, considerata sin da subito come un'esperienza pilota, possono risultare utili anche per un futuro miglioramento e allargamento della rilevazione a più vasta scala. A tal proposito si possono sottolineare quanto meno due aspetti: il piano di campionamento e il contenuto conoscitivo del geoquestionario. Per quanto riguarda il piano di campionamento – nonostante gli insegnamenti universitari siano stati selezionati in modo da ricomprendere diversi livelli di conoscenza in ambito GIS e diversi corsi di laurea triennale in modo tale da non aver studenti in comune –, in futuro sarà necessario ampliare il numero di insegnamenti, coinvolgendo anche le altre sedi locali della stessa università, per rendere ancora più popolato il *dataset* da sottoporre ad analisi. Relativamente al geoquestionario, si ravvisa la necessità di raccogliere maggiori informazioni. Solo per fare un esempio, per quanto riguarda le ore trascorse davanti agli strumenti digitali sarà fondamentale differenziare non solo la loro tipologia, ma anche la ragione del loro utilizzo.

Ringraziamenti

L'autore desidera ringraziare i colleghi che, a diverso titolo, hanno collaborato a partire dal 2018 al progetto PaRiDe, ossia Salvatore Amaduzzi, Giorgia Bressan, Andrea Guaran, Mauro Pascolini e, più recentemente, Francesco Visentin.

Riferimenti bibliografici

1. Guaran A., Pascolini M. (a cura di): Pianificazione e governo del paesaggio: analisi, strategie, strumenti. L'apporto pluridisciplinare dell'Università di Udine al Piano paesaggistico regionale del Friuli Venezia Giulia, Forum, Udine (2019).
2. Zaccomer G.P.: L'analisi territoriale socio-economica in ambito paesaggistico. Gli indicatori compositi per la zonizzazione territoriale del Friuli Venezia Giulia, Forum, Udine (2018).
3. Zaccomer G.P.: L'analisi territoriale socio-economica in ambito paesaggistico. Metodi multivariati e indicatori compositi a confronto. In: Federazione italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali, Atti della Conferenza Nazionale di Geomatica e Informazione Territoriale ASITA 2019, ASITA, Milano, 1033-1040 (2019).
4. Bressan G., Pascolini M.: Dalle percezioni della popolazione al dato georeferito: studio quali-quantitativo del paesaggio del Friuli V.G. In: Federazione italiana delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali, Atti della Conferenza Nazionale di Geomatica e Informazione Territoriale ASITA 2019, ASITA, Milano, 115-122 (2019).
5. Bressan G., Amaduzzi S.: Map based surveys for mapping high-quality and degraded sites. In: Gallia A. (a cura di), Territorio: rischio / risorsa, Labgeo Caraci, Roma, 197-213 (2020).
6. Amaduzzi S., Bressan G., Guaran A., Pascolini M., Zaccomer G.P.: I paesaggi che cambiano: quali risposte contro il degrado? In: Cerutti S., Tadini M. (a cura di),

- Mosaico/Mosaic, Memorie geografiche NS17, Società di Studi Geografici, Firenze, 493-502 (2019).
7. Amaduzzi S., Bressan G., Guaran A., Pascolini M., Zaccomer G.P.: Paesaggi del degrado. Indagini ed esperienze in Friuli Venezia Giulia tra rischi e degradi, Forum, Udine (2021).
 8. Goodchild, M.: Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography. *GeoJournal* 69 (4), 211-221 (2007).
 9. Borruso G.: La ‘nuova cartografia’ creata dagli utenti. Problemi, prospettive, scenari, *Bollettino Associazione Italiana di Cartografia* 138, 241-252 (2010).
 10. Fonte C.C., Antoniou V., Bastin L., Estima J., Arsanjani J. J., Bayas, J.C. L., See L., Vatsava R.: Assessing VGI Data Quality. In: Foody G., See L., Fritz S., Mooney P., Olteanu-Raimond A.M., Fonte C.C., Antoniou V. (eds.), *Mapping and the Citizen Sensor*, Ubiquity Press: London, UK, 137-163 (2017).
 11. Bressan G.; Assessing the positional accuracy of perceptual landscape data: A study from Friuli Venezia Giulia, Italy. *Transactions in GIS* 25, 642–671 (2021).
 12. Bressan G., Zaccomer G.P., Grassetti L.; Studying the spatial distribution of volunteered geographic data through a non-parametric approach. In: Gervasi O., Murgante B., Misra S., Garau C., Blečić I., Taniar D., Apduhan B.O., Rocha A.M., Tarantino E., Torre C.M., Karaca Y. (eds.), *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2020*, Springer International Publishing, Cham (CH), 488-504 (2020).
 13. Bressan G., Guaran A., Zaccomer G.P.: Insights on risk perception: The case of Friuli Venezia Giulia. *Sustainable Mediterranean Construction*, Special issue 5, 13-15 (2021).
 14. Bressan G., Guaran A., Visentin F., Zaccomer G.P.: Aspetti geografici del confronto fra sapere esperto e contestuale: un’analisi regionale nei paesaggi del “degrado”, *Bollettino della Società Geografica Italiana* 4(2), 2021, 3-18 (2021).
 15. Bressan G., Guaran. Using photographs to collect and study citizens’ perceptions of landscape degradation: a regional case in Italy, *Journal of Cultural Geography*, 1-24 (2022). DOI: 10.1080/08873631.2022.2041273.
 16. Poplin, A.: How user-friendly are online interactive maps? Survey based on experiments with heterogeneous user. *Cartography and Geographic Information Science* 42 (4), 358-376 (2015).
 17. Zaccomer G.P., Bressan, G.: Can university students provide high-quality geoinformation? First results of an empirical study. *Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia* 168, 94-106 (2020).
 18. Zaccomer G.P., Sigura, M.: Georeferencing skills and student profile. Results from a multivariate regression model. In: *Proceedings of the International Cartographic Association* 4, 1-6 (2021).
 19. Everitt B.S., Landau S., Leese M., Stahl D., *Cluster Analysis*. 5th ed., Wiley & Sons, Chichester (2011).
 20. Zhang T., Ramakrishnan R., Livny M.: BIRCH: A New Data Clustering Algorithm and Its Applications, *Data Mining and Knowledge Discovery* 1, 141-182 (1997).
 21. Chiu T., Fang D.P., Chen J., Wang Y., Jeris C.: A Robust and Scalable Clustering Algorithm for Mixed Type Attributes in Large Database Environment. In: *Proceedings of the 7th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 263-268 (2001). <https://doi.org/10.1145/502512.502549>
 22. SPSS Inc.: The SPSS TwoStep Cluster Component. A scalable component enabling more efficient customer segmentation. White paper – technical report, SPSS Inc., Chicago (2001).
 23. Norušis M.: *IBM SPSS Statistics 19. Statistical Procedures Companion*. Prentice Hall - Pearson Education, Upper Saddle River, New Jersey (2012).
 24. IBM: *IBM SPSS Statistics Base 25*. IBM Corporation, Armonk, New York (2017).

Un nuovo approccio allo strip alignment per i dati Lidar da sistemi di rilievo aerei e terrestri

Giovanni Drera, Mauro Contrafatto e Paolo Girardi

3D Target srl, Brescia (Italy), info@3dtarget.it

Abstract. Gli algoritmi di strip alignment (SA) sono delle procedure che consentono di allineare delle nuvole di punti misurate in momenti e pose diversi da strumenti Lidar ad alte prestazioni. Lo SA permette di aumentare la compattezza delle nuvole finali correggendo i possibili errori introdotti dal sistema di navigazione inerziale (INS). In questo lavoro è mostrato un nuovo algoritmo di SA adottato da 3D Target, che consente di allineare dati provenienti da diverse sorgenti (droni, rilievi da auto o altro), senza vincoli geometrici (i.e., strip rettilinee) e con alte prestazioni.

1 Introduzione

In generale, i rilievi Lidar mobili su aree di grande dimensione vengono eseguiti tramite scansioni multiple, eseguite muovendo il sistema di misura su una traiettoria costituita da molteplici tratti sovrapposti (si veda la Fig. 1). Questo metodo permette di ottenere una maggiore densità di punti ed una maggiore varietà nella posa dei soggetti. Tuttavia, nel corso delle scansioni possono subentrare delle variazioni nella precisione della misura della traiettoria e dell'orientamento dello scanner; in questo caso, le diverse scansioni, che comunemente vengono chiamate *strip*, non sono sovrapposte, con una diminuzione della risoluzione finale del modello ottenuto ed una incertezza sulla loro effettiva posizione.

La generazione di una nuvola di punti avviene attraverso un processo di georeferenziazione: le osservazioni del Lidar sono sincronizzate con i dati del relativo sistema di navigazione inerziale (INS), che consiste in un ricevitore GNSS e in giroscopi ed accelerometri integrati in una IMU (Inertial Measurement Unit). La georeferenziazione, che mette in relazione i dati Lidar (x_{Lidar}) alle coordinate finali, è descrivibile dalla seguente formula:

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_{INS} \\ y_{INS} \\ z_{INS} \end{pmatrix} + M_{Config} M_{IMU} \left(\begin{pmatrix} x_{BS} \\ y_{BS} \\ z_{BS} \end{pmatrix} + M_{BS} \right) \begin{pmatrix} x_{Lidar} \\ y_{Lidar} \\ z_{Lidar} \end{pmatrix}$$

dove M_{Config} , M_{IMU} e M_{BS} sono le matrici di rotazione definite dai sistemi di riferimento della INS, dalla configurazione specifica (montaggio della INS rispetto al dispositivo) e dal Lidar (parametri di *boresight*, BS). Lo SA agisce ottimizzando i parametri dipendenti dall'INS, ossia la posizione ($x_{INS}, y_{INS}, z_{INS}$) e l'orientamento (M_{IMU}) che descrivono la traiettoria della piattaforma di acquisizione durante il rilievo. Questi parametri hanno accuratezze variabili nel tempo; in particolare modo, i rilievi terrestri eseguiti da un veicolo in movimento presentano delle accuratezze estremamente variabili, per via delle ostruzioni alla visibilità dei satelliti GNSS costituite da edifici e alberi, o nel caso della percorrenza di un tunnel. Lo scopo dello SA è quindi la modifica della traiettoria, eseguita in modo da minimizzare le distanze relative fra le nuvole di punti in diversi istanti temporali. In assenza di riferimenti geografici assoluti, viene in genere indicato come relative SA. L'approccio allo SA proposto è affine al metodo degli *Iterative Closest Points* [1](ICP), basato sull'individuazione di coppie di punti fra le nuvole da allineare (*tie point*, TP). Una volta individuati i TP, la relativa distanza viene ridotta modificando la traiettoria all'intervallo temporale corrispondente. Questo metodo, sebbene approssimativo,

permette di ottenere un ottimo allineamento a fronte di un costo computazionale contenuto, necessario per via del grande numero di punti solitamente considerato (> 100 M). Per questo lavoro si è scelto di adottare la metrica della distanza punto-piano (*P2P norm* [1]) invece della norma euclidea, consentendo una convergenza più rapida ed una più ampia mobilità dei parametri di fit; l'algoritmo di SA agisce quindi su punti appartenenti a piani paralleli. Il processo si divide in due sezioni; una prima parte di analisi, che filtra e prepara i punti delle strip, ed una seconda parte di ottimizzazione, che modifica la traiettoria identificando i TP e minimizzando la distanza fra i piani corrispondenti.

2 Analisi e filtraggio dei dati

Le strip sono filtrate al fine di ottimizzare il processo di SA per le diverse situazioni (drone o ricognizione da veicolo). Sono rimossi i punti spuri, viene ridotto il numero totale di dati tramite subsampling e filtri Voxel selettivi, sono calcolati i vettori normali ed eliminati i punti con eccessiva curvatura. Tutti questi processi sono gestiti in multithreading e con ampio utilizzo di rappresentazioni ad albero (*KD-tree*). La gestione della geometria è particolarmente complessa; pur considerando le strip come semplici proiezioni 2D, rilievi diversi possono dare luogo a configurazioni complesse e molto generiche. La descrizione delle aree di interesse è stata fatta tramite l'unione[2] geometrica delle *Convex Hull* determinate dai punti associati ad ogni intervallo di traiettoria. Il risultato è una *Concave Hull* complessa, che permette di descrivere accuratamente sia situazioni di volo che rilievi da veicolo in presenza di edifici.

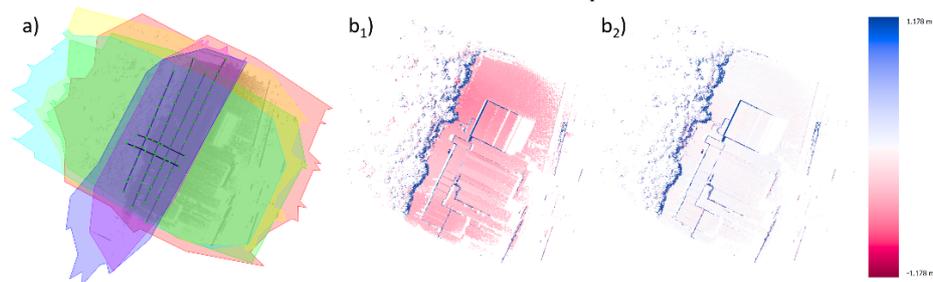


Fig. 1: a), report grafico dello SA eseguito su sei strips rilevate da drone; le linee rappresentano la traiettoria del drone con i punti pivot modificati (verde); in grigio, i TP. b), immagini proiettate delle differenze relative di una strip dal riferimento, prima (b₁) e dopo lo SA (b₂).

3 Risultati

I risultati dell'analisi sono usati dallo SA per individuare aree di sovrapposizione relativa, dove sottogruppi di punti e relativi piani sono allineati tramite discesa del gradiente (BFGS). L'errore calcolato della traiettoria ad ogni istante temporale viene considerato durante il processo. Alcuni risultati sono mostrati in Fig. 1, dove è mostrata l'ottimizzazione di sei strip da rilievo aereo. Grazie alla gestione ottimizzata di memoria, geometrie e grazie all'uso del multithreading, l'intero processo di SA in questo caso richiede circa 180 s su un notebook standard, operando su un dataset di 40M punti.

Riferimenti bibliografici

1. Glira P. et al, *PF4* (2015), 0275-0289
2. Boost C++ library, <https://www.boost.org/>